

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

Кафедра «Горные машины и комплексы»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.В. Гилев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**21.05.04 «Горное дело»**  
(специальность)

**21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»**  
(специализация)

Разработка интеллектуальной системы контроля свойств и качества руды в  
процессе бурения и транспортировки  
тема

Руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

В.А. Карепов

Выпускник

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Н.И. Покатилов

Консультанты:

Экономическая часть

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

А.Д. Бурменко

Безопасность  
жизнедеятельности

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Н.М. Капличенко

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

И.С. Плотников

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

Кафедра «Горные машины и комплексы»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.В. Гилев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме дипломной работы**

Студенту Покатилову Никите Ивановичу

фамилия, имя, отчество

Группа ГМ13-06 Направление (специальность) 21.05.04 Горное дело,

номер

код

специализация 21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка интеллектуальной системы контроля свойств и качества руды в процессе бурения и транспортировки

Утверждена приказом по университету №240/с от 15.01.2019 г.

Руководитель ВКР В.А. Карепов, кандидат технических наук, доцент кафедры Горные машины и комплексы Института горного дела, геологии и геотехнологий

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР Инструкция по техническому обслуживанию гидравлического перфоратора СОР 1838; Инструкция по обслуживанию буровой машины Simba M7 C; Инструкция для оператора буровой машины Simba M7 C.

Перечень разделов ВКР 1. Обзор исследований в области управления качеством руды в массиве; 2. Разработка системы определения качества руд; 3. Управление качеством руд при помощи взрывоселекции; 4. Экономическая часть; 5. Безопасность ведения горных работ при подземной разработки

Перечень графического материала Слайды презентации

Руководитель ВКР

подпись

В.А. Карепов

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

Н.И. Покатилов

инициалы, фамилия студента

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Обзор исследований в области управления качеством руды в массиве .....	7
1.1 Структура и качество руды .....	7
1.1.1 Геологические структуры месторождений полезных ископаемых .....	7
1.1.2 Основные показатели качества руд.....	10
1.2 Методы инструментального изучения основных показателей качества руд .....	15
1.3 Горно-техническая характеристика минерально-сырьевой базы на примере норильских рудников и тенденции ее изменения.....	18
2 Разработка системы определения качества руд .....	26
2.1 Исследования известных технологий и оборудования по обеспечению автоматизации эксплуатационной разведки.....	26
2.2 Устройство буровой машины Atlas Copco Simba M7 C .....	40
2.2.1 Конструкция и характеристики буровой техники .....	40
2.2.2 Система управления бурением .....	50
2.3 Разработка процесса определения качества руд .....	73
2.4 Создание математической модели .....	76
3 Управление качеством руд при помощи взрывоселекции.....	83
4 Экономическая часть .....	90
5 Безопасность ведения горных работ при подземной разработки .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	104

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка интеллектуальной системы контроля свойств и качества руды в процессе бурения и транспортировки» содержит 104 страницы текстового документа, 11 использованных источников, 52 рисунка, 27 таблиц.

Целевым назначением разработки интеллектуальной системы контроля свойств и качества руды в процессе бурения и транспортировки при подземной отработки полиметалльных руд является создание математической модели определения типов пород в горном массиве, на основе полученных данных при бурении.

Результатом разработки системы определения качества руд является уменьшение потерь и разубоживания руды, а также уменьшение выхода пустой породы в хвосты.

## ВВЕДЕНИЕ

Снижение качества сырьевой базы горных предприятий предопределяет необходимость увеличения производственной мощности рудников, повышения извлечения полезных компонентов из руды при ее обогащении, снижении затрат на добычу и транспортировку горной массы. Однако в условиях отработки многокомпонентных руд из рудников, как правило, выдается товарная руда резко различного качества, что естественно создает неблагоприятные условия для последующего обогатительного передела. В результате существенно снижается эффективность технологических операций обогащения. При этом значительная часть металлов уходит с хвостами. Тем не менее затраты на добычу при этом растут, поскольку в условиях низких содержаний в руде компания вынуждена увеличивать объемы добычи. Таким образом, возрастает удельный вес затрат на транспортировку «пустой» части горной массы, исключение которой позволило бы повысить эффективность отработки месторождения. Как частная задача существует необходимость определенного усреднения горной массы по качеству для выдачи из рудоспуска сырья с необходимым содержанием полезных компонентов. В связи с этим актуальной становится задача дифференцирования (информационного и логистического распределения) компонентов добываемой горной массы в процессе технологического цикла, начиная от буро-взрывных, погрузочно-доставочных операций путем разработки и использования экспресс технологии создания топографических моделей массива многокомпонентных руд для целей сопровождающей эксплуатационной разведки и повышения качества управления рудопотоками на основе систем обработки больших объемов данных, получаемых в процессе бурения горного массива.

# **1 Обзор исследований в области управления качеством руды в массиве**

## **1.1 Структура и качество руды**

### **1.1.1 Геологические структуры месторождений полезных ископаемых**

По форме рудные тела можно подразделить на три группы:

- изометрические, т. е. одинаково развитые во всех трех направлениях в пространстве;
- столбообразные, т. е. вытянутые в одном направлении — в глубину;
- пластообразные, вытянутые в двух направлениях.

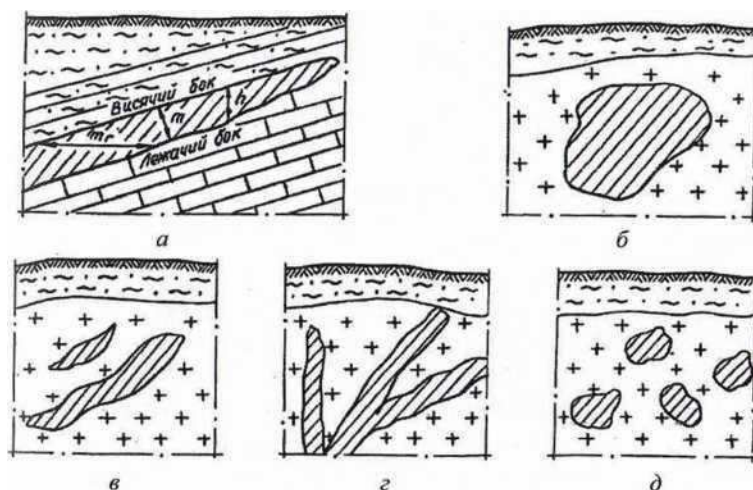
К первому типу рудных тел изометрической формы относятся штоки и гнезда (Рисунок 1, б, д). Часто они имеют неправильную форму, но все три измерения их в пространстве резко не отличаются. Размеры штоков достигают десятков и сотен метров. Размеры гнезд малы — до нескольких метров. Типичным гнездообразным месторождением является ртутное месторождение Хайдаркан (Средняя Азия).

Столбообразную форму имеют многие коренные месторождения алмазов. В Якутской АССР и Южной Африке алмазные «трубки» в глубину распространяются на километры при размерах горизонтального поперечного сечения в сотни метров. В Криворожском бассейне к столбообразным принято относить рудные тела, длина которых превышает мощность не более чем в шесть раз.

Линзы представляют собой переходную форму между первой и третьей группами (Рисунок 1, в). Типичным представителем этого типа рудных тел являются уральские медноколчеданские месторождения. Линзообразное месторождение медного колчедана Рио-Тинто (Испания) состоит из линз протяженностью от 300 до 1700 м и мощностью до 100—250 м.

Рудные тела третьей группы — пластовые ограничены более или менее параллельными плоскостями (поверхностями) и имеют мощность, изменяющуюся в относительно небольших пределах. Чаще всего это месторождения, приуроченные к осадочным породам, залегающие в виде пластов (Рисунок 1, а). Примыкающие к этой же группе рудные тела жильного типа часто имеют непостоянную мощность. Их называют линзообразными или рубцовыми, если утолщения чередуются с утонениями или даже выклиниваниями. Сетчатые жилы состоят из большого числа сближенных тонких жил и прожилков, пересекающихся в различных направлениях; ветвящиеся отличаются от сетчатых тем, что слагающие их ветви не пересекаются, а расположены в одном направлении и то сближаются и соединяются, то удаляются одна от другой (рисунок 1, г).

Рудные залежи, отличающиеся от пластов менее выдержанной формой и непостоянной мощностью, называют пластообразными и.



А – пласт; б – шток; в – линза; г – жилы; д – гнезда

Рисунок 1 – Формы залегания полезных ископаемых

Встречаются сложные формы рудных тел – седловидные, куполообразные и др.

В большинстве случаев месторождение бывает представлено не одним, а несколькими рудными телами. Эти совместно залегающие рудные тела бывают отделены одно от другого массивом пустой породы, иногда пересекаются, соединяются и снова разделяются.

Месторождения нередко нарушаются сбросами, сдвигами, бывают изогнуты, перемяты, раздроблены, в результате чего разработка их усложняется.

Чем неправильнее залежь по форме, чем больше тектонических нарушений она имеет, тем сложнее ее разработка.

Кроме формы месторождения, важным признаком является характер его контакта с вмещающими породами. Контакт в одних случаях бывает выражен резко: рудное тело отчетливо отделяется от вмещающих пород. В других случаях переход от руды к пустой породе происходит постепенно, границы промышленного оруденения можно установить только путем опробования. Разработка месторождений с отчетливыми контактами проще. Иногда наличие оруденения во вмещающих породах благоприятно сказывается на разработке, так как руда при отбойке засоряется не пустыми, а рудоносными породами.

В зависимости от характера распределения рудных минералов различают сплошные и вкрапленные руды. Сплошные руды состоят из рудных минералов, смешанных с небольшим количеством породы; они обычно имеют резкие границы с вмещающими породами. Вкрапленные руды представляют собой относительно редкие вкрапления рудных минералов в рудной породе и, как правило, не имеют отчетливых границ с вмещающими породами.

На многих месторождениях встречаются оба типа руд; обычно в средней части рудного тела руды сплошные, а в остальной части — вкрапленные. Так, на Лениногорских свинцовоцинковых рудниках сплошные сульфидные руды по



мере приближения к контакту лежащего бока постепенно беднеют и переходят в роговиковые вкрапленные руды. На медных месторождениях Урала сплошные медноколчеданные или пиритные руды местами переходят в сланцевые вкрапленные руды. Некоторые залежи Кривбасса в центральной своей части или с одной стороны представлены сплошными богатыми рудами, которые постепенно в направлении лежащего бока замещаются вкрапленными рудами и затем слабо ожелезненными вмещающими боковыми породами.

Одним из основных факторов, определяющих выбор системы разработки для пластообразных и близких к ним по форме линзообразных рудных тел, является угол падения.

По углу падения месторождения делят на горизонтальные и пологопадающие с углом падения от 0 до 20°;

наклонные с углом падения от 20 до 50° и крутопадающие с углом падения более 50°.

Это деление связано с изменением условий разработки и применением при разных углах падения различных способов очистной выемки.

Мощность рудного тела — это расстояние по нормали между его висячим и лежащим боками. Если это расстояние измеряют по нормали, то мощность называют истинной, если же ее измеряют по вертикали или горизонтали, то мощность соответственно называют вертикальной или горизонтальной. Вертикальной мощностью пользуются для пологопадающих рудных тел, горизонтальной — для крутопадающих.

В штокообразном месторождении мощностью считается меньший из его горизонтальных размеров. Большой горизонтальный размер называют длиной штока. Иногда мощностью штока считают его вертикальный размер, а горизонтальную мощность называют шириной. Последнее целесообразно, когда шток (массив) имеет значительные размеры по горизонтали и относительно небольшие по вертикали. Мощность рудных тел может изменяться по простиранию и с глубиной, постепенно или резко, закономерно или случайно. Непостоянство мощности характерно для рудных месторождений. Резкие изменения мощности затрудняют разработку.

Для месторождений с непостоянной мощностью указывают крайние пределы ее колебаний, а также среднюю мощность по отдельным участкам месторождения.

По мощности рудные месторождения можно делить на пять групп.

Весьма тонкие — месторождения, при разработке которых очистная выемка сопровождается подрывкой вмещающих пород. Правилами безопасности допускается минимальная ширина очистного пространства 0,6 м, а высота (при пологом залегании рудных тел) 0,8 м. Эти размеры и определяют верхнюю границу мощности рудных тел данной группы.

Тонкие месторождения мощностью от 0,7 до 2 м, при разработке которых очистную выемку можно производить без под-рывки вмещающих пород, но проведение горизонтальных подготовительных выработок в большинстве случаев требует подрывки.

Средней мощности — месторождения мощностью от 2 до 5 м. Верхняя граница мощности соответствует предельной длине простейшего вида крепи — распорок, стоек. Разработка месторождений средней мощности может производиться без подрывки вмещающих пород.

Мощные—месторождения мощностью от 5 до 20 м, очистная выемка в которых при крутом падении может производиться по простиранию на всю мощность.

Весьма мощные — месторождения мощностью более 20 м. Очистную выемку в этих месторождениях при крутом падении ведут обычно вкрест простирания.

Глубина залегания месторождения также в значительной степени влияет на выбор способа и системы разработки. Ее указывают от поверхности по вертикали до верхней и нижней границ месторождения. Глубокозалегающими считаются месторождения с глубиной залегания более 800 м. На этой глубине начинаются своеобразные проявления горного давления, выражающиеся в «стрелянии» пород и горных ударах.

Рудной площадью месторождения называют площадь его горизонтального сечения.

Глубина залегания, рудная площадь, длина по простиранию, так же как и угол падения, на отдельных участках месторождения могут быть различными. Поэтому нередко на участках одного и того же месторождения применяют разные системы разработки [1].

### **1.1.2 Основные показатели качества руд**

Универсальных показателей качества, общих для всех полезных ископаемых, нет. Эти показатели могут быть резко различными, даже несопоставимыми для различных видов полезных ископаемых. Например, по каким показателям можно сравнить качество руд золота и каменного угля или стройматериалов и медных руд? Качество полезных ископаемых индивидуализировано в зависимости от типа полезных ископаемых. Вместе с тем, можно выделить группы полезных ископаемых, для которых многие показатели качества могут быть общими или близкими. Так, для большинства металлических полезных ископаемых основными показателями качества являются: содержание основных полезных компонентов, содержание попутных компонентов и содержание вредных примесей. В зависимости от целевого назначения полезных ископаемых показатели качества можно классифицировать на следующие группы:

- назначения – содержания основных и сопутствующих полезных компонентов;

- технологические – содержания вредных примесей и окисленных фаз, крепость (для стройматериалов), прозрачность (для оптического сырья);

- транспортабельности – влажность, спекаемость, способность к слеживанию, кусковатость, разрыхляемость, степень набухания и размокаемость;

- сохраняемости – окисляемость, способность к самовозгоранию;

- математические – коэффициент вариации, стандартное отклонение, дисперсия.

Для углей основными показателями качества являются: зольность, влажность, содержание летучих, содержание серы, теплота сгорания, коксующесть, брикетируемость и др.

Для оценки качества руд любого месторождения необходимо сопоставление фактических показателей качества руд с показателями качества эталона. Таким эталоном служат базовые показатели.

Базовыми показателями для определения качества полезных ископаемых являются: промышленные кондиции, представляющие собой предельные значения параметров оруденения (минимально-промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке, бортовое содержание в пробе для оконтуривания балансовых запасов, допустимые значения мощности рудного тела и пропластков пустых пород и т.д.

Указанные промышленные кондиции, устанавливаемые для месторождений в стадии их разведки и изменяющиеся очень редко (не чаще, чем через 5-15 лет), далеко не всегда способствуют полной и оптимальной отработке всех запасов полезных ископаемых. Это обусловлено тем, что они не учитывают особенностей геологического строения отдельных участков месторождения и конкретного порядка отработки запасов разного качества. Поэтому для стадии отработки месторождений должны устанавливаться свои специальные кондиции, которые являются базовыми показателями при оценке качества руд.

Базовыми показателями для определения уровня качества уже готовой продукции рудника (карьера), т.е. товарной руды являются требования госстандартов и требования технических условий обогатительной фабрики.

Таким образом, базовыми показателями для месторождений полезных ископаемых являются: промышленные кондиции, требования госстандартов и требования технических условий обогатительной фабрики.

#### *Характеристика горных пород как объекта разработки*

Объектами горных работ являются разнообразные горные породы. Коренные (магматические, метаморфические и осадочные) залегают в толще

земной коры на месте своего образования. Их покрывают наносы - рыхлые, вторичные породы, образованные в результате разрушения и переотложения коренных.

Для количественной оценки свойств горных пород в их естественном состоянии используют различные характеристики.

Профессор М.М. Протодяконов предложил классифицировать породы по крепости, принимая ее пропорциональной временному сопротивлению сжатию, под которым понимают напряжение, предшествующее разрушению образца. За единицу коэффициента крепости принята одна сотая временного сопротивления сжатию.

По этой классификации все породы разделены на десять категорий, коэффициенты крепости изменяются от 0,3 (X категория) до 20 (I категория) представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициент крепости  $f$  по шкале проф. М. М. Протодяконова

Категория пород	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, $f$
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III <sub>a</sub>	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IV <sub>a</sub>	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4

Окончание таблицы 1

Категория пород	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, $f$
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2
VI <sub>a</sub>	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1
VII <sub>a</sub>	Мягкие	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

По прочностным характеристикам все горные породы в их естественном состоянии целесообразно разделить на группы:

- плотные, мягкие и сыпучие - с временным сопротивлением сжато до 20 МПа (с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протоdjяконова до  $f = 2$ );
- полускальные - с временным сопротивлением сжатию от 20 до 50 МПа  $f = 2-5$ );
- скальные - с пределом прочности на одноосное сжатие более 50 МПа ( $f$  более 5).

Выемку плотных, мягких и сыпучих пород из массива можно производить непосредственно рабочими органами горных машин, а для разработки полускальных и скальных пород необходимо их предварительное разрушение.

За счет тектонических явлений и процессов горные породы разбиты трещинами на отдельные блоки, поэтому прочность пород в массиве во много раз ниже, чем в отдельном монолитном образце (куске). Снижение прочности пород за счет трещиноватости оценивают коэффициентом структурного ослабления, равным отношению сцепления отдельного куска породы при отрыве от массива к сцеплению его в образце (куске). Сцепление по трещинам и тектоническим нарушениям изверженных и метаморфических пород, а также по

контактам слоев осадочных пород часто не превышает 0,05-0,10 МПа. У чрезвычайно трещиноватых пород коэффициент структурного ослабления составляет 0,01-0,065, \ практически монолитных - 0,60-0,98.

Под воздействием отрицательных температур мягкие и сыпучие породы смерзаются. При этом прочность их становится близка к прочно- \*1п плотных и полускальных пород, и появляется необходимость их предварительного разрушения.

В результате искусственного или естественного разрушающего воздействия скальные, полускальные и мерзлые мягкие, сыпучие породы переходят в разрушенное состояние и становятся пригодными для погрузки и перемещения обычными техническими средствами. Разрушенные породы различают по степени связности и кусковатости.

Степень связности характеризуют величиной коэффициента разрыхления, представляющего собой отношение объема породы в разрыхленном виде к ее объему в массиве. По степени связности разрушенные породы подразделяют на три категории.

Первая категория - сыпучие разрушенные породы. Характеризуются наличием многочисленных воздушных промежутков между кусками. Породы склонны к осыпанию и образованию четко выраженных откосов. Коэффициент разрыхления  $K_p = 1,40-1,65$  и более.

Вторая категория - связно-сыпучие разрушенные породы. Характеризуются наличием небольших воздушных промежутков и зацеплением между кусками. Коэффициент разрыхления  $K_p = 1,2-1,3$ . Насыпь не имеет четко выраженных откосов.

Третья категория - связно-разрушенные породы. Представлены природными отдельностями массива, не полностью разделенными между собой. Сохраняется сцепление между блоками. Коэффициент разрыхления  $K_p = 1,05-1,10$ .

Кусковатость оценивают по среднему линейному размеру куска  $<Z_{cp}$  (таблица 2). При этом выделяют пять категорий [2].

Таблица 2 – Классификация пород по кусковатости

Категория	Наименование пород	Размер кусков, м	Средний линейный размер куска $d_{CD}$ , м
1	Очень мелкоразрушенные	0,4-0,6	$<0,1$
2	Мелкоразрушенные	0,6-1,0	0,15-0,25
3	Среднепоразрушенные	1,0-1,4	0,25-0,35
4	Крупноразрушенные	1,5-2,0	0,4-0,6
5	Весьма крупноразрушенные	2,5-3,0 и более	0,7-0,9

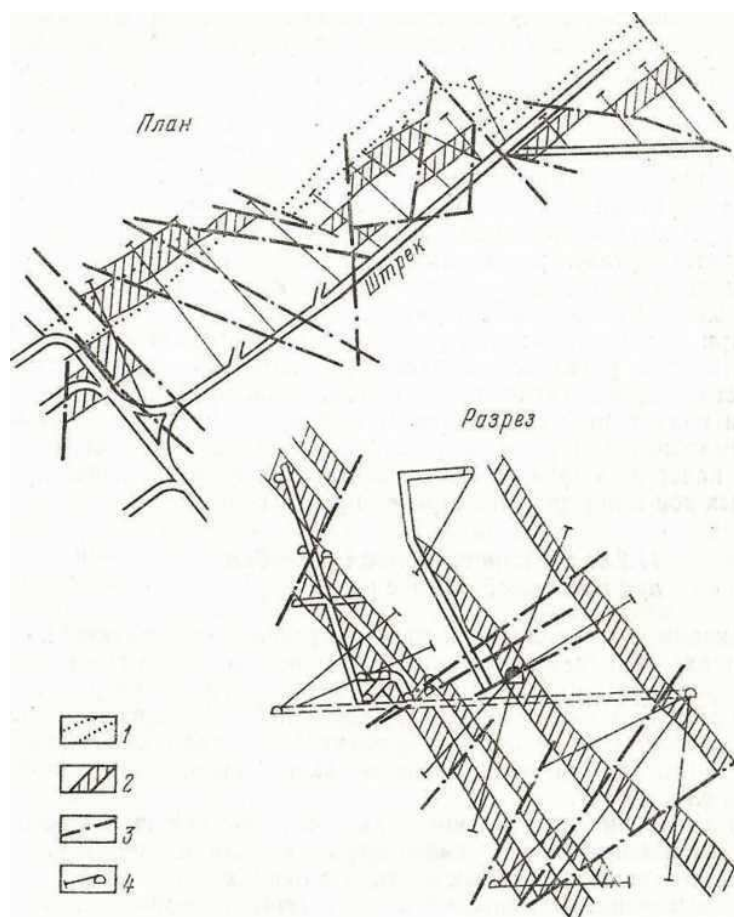
## **1.2 Методы инструментального изучения основных показателей качества руд**

Подземная разработка рудных месторождений характеризуется большим разнообразием применяемых систем, что предопределяется сложностью и многообразием геологических условий. По требованиям к эксплуатационной разведке системы разработки можно объединить в две группы.

Первая группа — системы разработки (камерная, с подэтажным, этажным, слоевым массовым обрушением) с жестко увязанными параметрами их конструкции. Для их использования требуются сведения о морфологии и пространственном положении рудных тел, поскольку при изменении представлений об этих параметрах перестройка геометрии горных работ будет затруднена. Вторая группа — системы разработки (с магазинированием, слоевая выемка с креплением), конструкция которых определяется преимущественно формой тел полезных ископаемых.

При опережающей эксплуатационной разведке уточняются положение рудного тела, его морфология и внутреннее строение с детальностью, обеспечивающей составление локальных проектов отработки и перспективное планирование добычи на период до двух лет. В процессе разведки бурят разведочные скважины с горизонта эксплуатации на нижележащий и проходят новые выработки. Они служат основой для проведения основных подготовительных выработок и составления локального проекта отработки выемочной единицы. Сопровождающая разведка обеспечивает оперативное планирование добычи, управление качеством и полноту выемки запасов с минимальными потерями и разубоживанием. Разведочные работы при этом совмещаются с проходкой нарезных выработок и буровзрывных скважин.

Методика эксплуатационной разведки, форма и плотность разведочной сети определяются теми факторами, которые в наибольшей степени влияют на подготовительные и очистные работы. Такими факторами могут быть, например, тектоническая нарушенность рудных тел, сложность их формы, особенности внутреннего строения, пространственное размещение качественных показателей руд и т. д. На рисунке 2 приведена схема разведки рудных тел Высокогорского месторождения, основной задачей которой являлось уточнение положения тектонически однородных участков.



1 – 2 – контуры рудного тела по данным детальной (1) и эксплуатационной (2) разведки; 3 – тектонические нарушения; 4 – скважины эксплуатационной разведки

Рисунок 2 – Схема эксплуатационной разведки рудных тел Высокогорского скарново-магнетитового месторождения (по данным Высокогорского рудоуправления)

Эксплуатационная разведка сложноструктурных месторождений проводится преимущественно системами горных выработок: штреками, ортами, рассечками. Для разведки применяются также вентиляционные и перепускные восстающие. Широко используются методы подземной геофизики.

При эксплуатационной разведке по сравнению с доразведкой и детальной разведкой существенно изменяется плотность сети, а часто и применяемые системы. При выборе плотности разведочной сети главным фактором считается достижение минимальных потерь и разубоживания руд при добыче, стабильного качества сырья за счет более детального изучения приконтурных зон и внутреннего строения рудных тел.

Необходимость эксплуатационной разведки на действующих угольных шахтах вызвана высокой изменчивостью горно-геологических факторов на месторождениях и соответственно недоразведанностью шахтных полей в период детальной разведки, а также повышенными требованиями современной



высокомеханизированной технологии добычи угля. Основные задачи эксплуатационной разведки следующие:

- 1) уточнение и детальное изучение тектоники шахтных полей, характера изменчивости гипсометрии кровли и почвы угольных пластов, поиски смещенных частей последних;
- 2) выяснение изменчивости структуры и мощности пластов, их вещественного состава, обеспечение реальными запасами угля;
- 3) детальное изучение газоносности угольных пластов и газодинамических явлений для выбора схемы и расчета параметров вентиляции выработок;
- 4) изучение физико-механических свойств горных пород с целью управления кровлей и обеспечения бесперебойной работы механизированных комплексов в очистных забоях.

По данным эксплуатационной разведки проводится текущее и оперативное планирование добычи угля, разрабатываются мероприятия по безопасному ведению горных работ, предварительному осушению и дегазации угольных пластов.

Эксплуатационная разведка осуществляется путем бурения колонковых разведочных скважин с поверхности, проходки подземных выработок (орты, квершлагги, рассечки и др.), а также бурения подземных скважин из горных выработок. Широкое распространение получили геофизические методы, в частности, для прослеживания тектонических разрывов угольных пластов (подземная радиолокация), выявления карстовых полостей (электроразведка, сейсмоакустический метод).

В процессе эксплуатационной разведки уточняют положение водоносных горизонтов и водообильных зон путем бурения скважин из подземных горных выработок. Для предупреждения внезапного прорыва воды бурят опережающие скважины по оси выработок. Водоносные зоны тектонических нарушений разведывают скважинами, которые бурят из горных выработок вкрест простирания сместителей.

Дополнительное изучение физико-механических свойств горных пород при эксплуатационной разведке проводится по керну буровых скважин, а также в подготовительных, очистных и горноразведочных выработках. Участки, опасные по выбросу угля и газа, изучаются специально путем бурения опережающих скважин, изучения в горных выработках признаков выбросоопасности и горных ударов. Газоносность угольных пластов на разрабатываемом горизонте определяют в выработках и подземных скважинах. Геолого-экономическая переоценка угольных месторождений по результатам эксплуатационной разведки обязательна в случае значительного расхождения (более 20%) с данными, утвержденными ГКЗ [3].

### **1.3 Горно-техническая характеристика минерально-сырьевой базы на примере норильских рудников и тенденции ее изменения**

В месторождениях, как правило, выделяют три уровня качества руд: богатые (в том числе штуфные), рядовые (среднего качества) и бедные (в том числе убогие). В доленом соотношении богатые руды обычно не превышают 10...15 % всех промышленных запасов месторождений, в которых заключается до 20...30 % всего металла. Соответственно запасы рядовых и бедных руд составляют суммарно порядка 85...90 %, в которых содержится до 70...80 % всего металла.

В процессе эксплуатации месторождений естественно стремление к извлечению в первую очередь наиболее богатых запасов, поскольку это обеспечивает в целом минимальные затраты на производство конечной продукции. При этом имеются возможности для применения наиболее простых и дешевых технологий как в сфере добычи руды, так и при ее переработке; значительно сокращаются или вообще исключаются затраты на обогащение.

Вместе с тем такой порядок освоения месторождения чреват тем, что значительные запасы относительно бедных руд могут оказаться впоследствии невыгодными для разработки, а часть из них — безвозвратно потерянной. Первоочередная выемка преимущественно богатых руд обычно сопровождается относительно большими потерями при их переработке, поскольку в этом случае допускается повышенное содержание металлов в хвостах обогащения и в металлургических шлаках.

Как правило, и общие потери металлов при переработке богатых руд больше, чем бедных. Последнее обстоятельство можно объяснить лишь снижением уровня требований к технологиям переработки при наличии богатых руд, поскольку объективно улучшение качества рудоминерального сырья создает благоприятные условия для улучшения всех технологических показателей переработки, в том числе и в части сокращения потерь металла.

При нерациональной выборочной выемке запасов месторождения оставшиеся преимущественно низкосортные запасы руды могут существенно снизить эффективность всего горнометаллургического комплекса, который на определенном этапе производства может даже стать убыточным, не способным полностью окупить свои затраты на строительство и эксплуатацию. Для оздоровления такого производства необходимо, в первую очередь, улучшение его сырьевой базы или (и) использование более совершенных технологий добычи с существенно более действенной системой обеспечения качества добытой рудной массы.

История развития горно-металлургического производства в западных странах, ранее прошедших путь от начала разработки богатых месторождений и практически до их полного истощения подтверждает такое развитие событий. Как правило, в них происходило наиболее кардинальное качественное совершенствование горнодобывающих производств как реакция на ухудшение

минерально-сырьевой базы. Примерами такого развития технологий могут служить рудники Швеции, Канады, ЮАР, США, а также ряда развивающихся стран, в которых горные работы в течение длительного времени велись передовыми западными компаниями. С другой стороны, эту логику подтверждает и опыт таких стран, как Австралия, Бразилия, Китай, в которых относительно недавно начата разработка ряда богатых рудных месторождений (содержащих железо, алюминий, вольфрам и др.) и где пока еще имеется возможность использования наиболее простых технологий горных работ.

На этом фоне характерна динамика разработки месторождений норильских медно-никелевых руд, освоение которых началось с конца 30-х начала 40-х годов прошлого века с месторождения «Норильск-1». К началу 60-х годов в результате интенсивной эксплуатации месторождения у Норильского горно-металлургического комбината из-за значительного ухудшения качества рудо-сырьевой базы серьезно усложнились условия производства. И лишь весьма своевременное открытие к тому времени Талнахского и «Октябрьского» медно-никелевых месторождений с их уникальными количественными и качественными характеристиками создало условия для мощного развития предприятия до нынешнего его состояния.

Для этих месторождений характерны три типа руд: богатые, медистые и вкрапленные. Каждый из этих типов обладает определенным вещественным составом, текстурно-структурными особенностями и технологическими свойствами. В месторождении эти руды залегают достаточно обособленно, что создает относительно благоприятные условия для их раздельной выемки.

Коэффициент крепости вкрапленных руд по шкале М.М.Протоdjяконова колеблется в пределах 12-14, жильных руд 10-12, медистых 12-15, оливиновых габбро-долеритов 14-16, осадочных пород от 4-6 (угли) до 11-12 (песчаники). Таким образом, руды и вмещающие породы месторождения обладают достаточно высокой твердостью.

Объемный вес вкрапленных руд составляет 2,79 - 3,28 г/см<sup>3</sup>, жильных 4,00 - 4,58, медистых - зависит от типа пород, в которых они сосредоточены и от содержания сульфидов.

Удельный вес всех вмещающих пород ниже, чем руд. Пределы колебаний удельного веса отдельных типов пород незначительны, кроме углей. Удельный вес углей изменяется от 1,38 до 2,35 вкрапленными рудами г/см<sup>3</sup>, что связано с высокой, достигающей до 57,3%, зольностью и пористостью.

Богатые (сплошные, массивные) руды представляют собой минеральные образования, состоящие в основном из сульфидов, содержащих наибольшее количество металлов. Они образуют ряд отдельных залежей пластообразной, линзообразной и более сложных форм, прослеживаемых вдоль осевой части месторождения. Протяженность залежей по падению и простиранию составляет от нескольких десятков до первых тысяч метров. Мощность этих рудных тел весьма изменчива: минимальная выемочная мощность определяется принятыми

кондициями в 1,0 м, а максимальная достигает 31 м. Интрузив, расположенный в приподошвенной части месторождения, образует с богатыми рудными телами волнообразный контакт со значительными перепадами высотных отметок. Горные породы, подстилающие залежи богатых руд, представлены роговиками и мраморизованными известняками. Богатые руды образуют с ними четкую и ровную границу. Один из примеров Октябрьского месторождения это Хараелахская ветвь. Богатые руды Хараелахской залежи (основной) представляют собой плитообразное тело шириной до 1 км, имеющее протяженность в субширотном направлении до 1,7 км и полого (6–10°) погружаются в восточном направлении от 550 м до 1170 м. С запада, со стороны рудника «Октябрьский», залежь ограничена горным сбросом (рисунок 3).

Медистые руды характеризуются преобладанием минералов с относительно высоким содержанием меди. Эти руды прослеживаются практически на всем протяжении интрузивных ветвей, образуя ореол прожилково-вкрапленного оруденения вокруг массивных руд. По отношению к рудным телам массивных (богатых) руд в почве интрузива выделяются горизонты, расположенные как над, так и под залежами сплошных руд. Максимальные мощности залежей медистых руд составляют до 15...20 м и даже до 30 м. Приурочены эти рудные тела также в основном к осевой части месторождения.

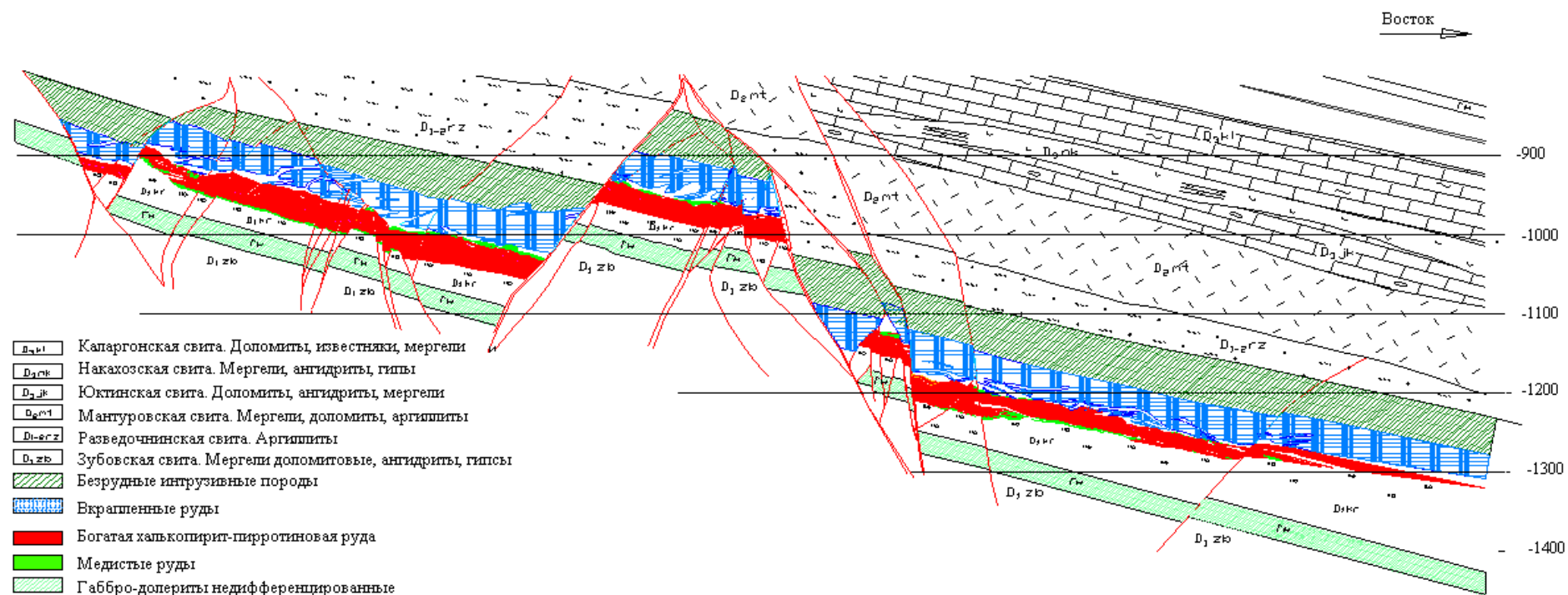


Рисунок 3 – Разрез по Хараелахаской I рудной залежи

Вкрапленные руды составляют наиболее распространенный промышленный тип полезного ископаемого. Они приурочены к нижним горизонтам интрузивных массивов и образуют мощные, геометрически относительно выдержанные минеральные образования, которые прослеживаются на всем протяжении интрузивных ветвей, повторяя в плане их контуры. В силу морфологических особенностей самого интрузива вкрапленные руды разделяются на несколько промышленных рудных горизонтов, а в центральной части они составляют единый горизонт. Средняя мощность горизонта вкрапленных руд около 20 м, максимальная — 70 м.

По сложности геологического строения и распределению полезных компонентов наиболее изменчивыми характеристиками обладают богатые руды, а наименее — вкрапленные.

Прошедший 40-летний срок эксплуатации этих богатых месторождений позволяет проанализировать основные тенденции и динамику изменения показателей минерально-сырьевой базы крупнейшего горно-металлургического производства и сделать общие прогнозы на ближайшую и более далекую перспективу с целью обоснования путей совершенствования горнодобывающих технологий.

По современным оценкам, общих запасов всех трех месторождений («Норильск-1», Талнахское и «Октябрьское»), при существующих высоких темпах их эксплуатации хватит еще на несколько десятилетий. Но вместе с тем структура запасов руд по их качеству все более заметно ухудшается из-за сокращения богатых запасов и соответствующего снижения среднего значения их ценности.

Ниже приводится анализ состояния и динамики рудо-сырьевой базы рудоуправления «Талнахское», в состав которого входят рудники «Комсомольский», «Маяк» и «Скалистый», разрабатывающие Талнахское и «Октябрьское» месторождения. Минерально-сырьевая база Талнахского рудоуправления обладает всей совокупностью типов руд Талнахского и «Октябрьского» месторождений. Рудники этого рудоуправления имеют самый большой опыт разработки всех этих типов руды, в наибольшей мере ощутив последствия процесса естественного ухудшения структуры запасов недр и объективную необходимость принятия кардинальных решений по проблеме обеспечения качества своей продукции.

При этом рудник «Маяк», введенный в эксплуатацию в 1965 г., является пионерным горнодобывающим производством на Талнахском месторождении. Этот рудник прошел стадии разработки практически всех типов руд, начиная от самых богатых, позже рядовых и, наконец, наиболее приблизился к необходимости освоения относительно бедных (вкрапленных) руд. В середине 1990-х годов стоял вопрос о ликвидации этого рудника из-за отсутствия резервов достаточно качественных руд. Вместе с тем в его рудничном поле имеются большие и в значительной мере уже вскрытые запасы вкрапленных руд, которые

по современным меркам других горнорудных предприятий страны можно отнести к рудам среднего и даже выше среднего качества.

С другой стороны, в состав рудоуправления «Талнахское» включен рудник «Скалистый» с рудо-сырьевой базой, представленной в основном богатыми рудами, разработка которых на несколько ближайших лет позволит поддерживать среднее качество добытой руды на приемлемом уровне.

Основные же объемы добычи по рудоуправлению обеспечивает рудник «Комсомольский», находящийся в эксплуатации с 1971 г. Структура рудных запасов, разрабатываемых этим рудником, наиболее разнообразна и представлена всеми основными типами руд.

При сравнении нынешней структуры запасов рудника «Комсомольский» с периодом начала полномасштабной разработки (таблица 3) видно, что относительное количество богатых руд за этот период снизилось более чем в 12 раз, медистых — в 1,13 раза с одновременным увеличением доли вкрапленных руд в 1,12 раза. При этом в нынешних общих запасах, в целом снизившихся до 88,26 % по сравнению с 1975 г., доля богатых руд составляет лишь 0,68 %. Соответственно доля медистых руд 13,93 % и вкрапленных руд 85,39 % .

В целом же по рудоуправлению «Талнахское» в общих запасах богатые руды пока составляют 5,3 %, медистые 10,1 %, а основной объем руды в недрах — это вкрапленные руды, доля которых 84,6 %.

Соотношение основных металлов (никеля, меди и кобальта, с которыми коррелируют платиноиды) и их массовые доли в руде приведены в таблице 4.

Из анализа этих данных следует, что в наибольшей мере в рудничном поле рудника «Комсомольский» использованы запасы никеля, меди и кобальта, которые содержались в богатых рудах.

Таблица 3 – Изменение структуры запасов руды рудника «Комсомольский» за основной период его деятельности

Руды	Структура запасов, %	
	1975 г.	2004 г.
Богатые	8,25	0,68
Медистые	15,79	13,93
Вкрапленные	75,96	85,39
Суммарные запасы	100	100

Таблица 4 – Динамика изменения характеристик запасов рудника «Комсомольский» за 30-летний период эксплуатации месторождения

Металл	Тип руды	Структура запасов		Остаток запасов, % к 1975 г.
		1975 г.	2004 г.	
Никель	Богатая	4,20/38,3	3,56/3,93	6,18
	Медистая	0,79/13,81	0,76/17,22	75,07
	Вкрапленная	0,57/47,89	0,57/78,85	99,11
	Суммарно	0,90/100	0,62/100	60,2
Медь	Богатая	3,82/22,2	3,17/1,87	6,06
	Медистая	2,15/23,95	2,01/24,19	72,91
	Вкрапленная	10,1/53,85	1,00/73,94	99,09
	Суммарно	1,42/100	1,16/100	72,16
Кобальт	Богатая	0,146/36,16	0,137/3,93	6,86
	Медистая	0,024/11,2	0,023/13,33	75,07
	Вкрапленная	0,023/52,64	0,023/82,74	99,18
	Суммарно	0,033/100	0,024/100	63,09

Примечание: в числителе приведено содержание металла, %/т, в знаменателе — количество металла, %

Следовательно, уже на ближайшую перспективу для производства металлов основным источником должны стать медистые и вкрапленные руды. Причем подавляющее количество этих металлов (от 73,94 до 82,74 %) заключено во вкрапленных рудах. При этом средняя концентрация только меди в объединенных запасах, имеющих медистых и вкрапленных руд, превышает среднее содержание меди в добытых рудах в целом по России. С учетом же остатка богатых руд с содержанием меди (3,17 %), а также наличия в них никеля (3,56 %), кобальта, платиноидов и других компонентов оставшиеся запасы руд должны рассматриваться как промышленные с достаточно высокими показателями качества. Тем более что большая часть этих запасов уже вскрыта. Вопрос — в принятии принципиального решения о начале их массовой выемки.

Естественно, что по мере выработки еще имеющих богатых руд ценность оставшихся запасов резко снижается, уменьшая эффективность их извлечения.

Наиболее наглядно снижение качества рудных запасов проявляется с начала 1990-х годов (таблица 5). За эти годы, при сокращении общих запасов руды на 4,05 %, произошло относительное снижение в них массовой доли никеля на 7,5 % (с 0,67 до 0,62 %), меди на 5 % (с 1,22 до 1,16 %) и кобальта на 7,7 % (с 0,026 до 0,024 %).



Таблица 5 – Динамика изменения количественных и качественных показателей запасов по руднику «Комсомольский» за 1992—2004 гг.

	Годы												
Метал	199	199	199	199	199	199	199	199	200	200	200	200	200
<b>Богатая руда</b>													
Запасы руд, %	100	91	82,9 1	77,6	71,4 3	66,0 2	62,0 3	56,5 36	50,7 4	45,5 4	40,3 5	35,7 1	31,8 4
Содержание, %:													
никеля	3,65	3,68	3,65	3,63	3,62	3,62	3,61	3,6	3,6	3,6	3,59	3,59	3,56
меди	3,18	3,26	3,2	3,18	3,16	3,17	3,14	3,13	3,13	3,14	3,15	3,17	3,17
кобаль та	0,14 9	0,15	0,14 9	0,14 9	0,14 8	0,14 7	0,14 6	0,14 5	0,14 4	0,14 3	0,14 2	0,14	0,13 7
<b>Медистая руда</b>													
Запасы руд, %	100	98,6 2	97,5 1	96,6 4	95,7 3	94,8 9	93,9 6	92,8 4	91,5 4	90,1 2	88,5 6	86,7 8	84,8 5
Содержание, %:													
никеля	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76
меди	2,09	2,08	2,07	2,15	2,06	2,06	2,06	2,06	2,05	2,04	2,04	2,03	2,01
кобаль та	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3
<b>Вкрапленная руда</b>													
Запасы руд, %	100	99,9 8	99,9 7	99,9 5	99,9 4	99,9 2	99,9 1	99,9	99,8 8	99,8 6	99,8 1	99,7 5	99,6 8
Содержание, %:													
никеля	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
меди	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
кобаль та	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3	0,02 3
<b>Суммарно все руды</b>													
Запасы руд, %	100	99,5 8	99,2 3	98,9 7	98,6 9	98,4 3	98,1 9	97,8 9	97,5 6	97,2 1	96,8 2	96,3 9	95,9 5
Содержание, %:													
никеля	0,67	0,66	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62
меди	1,22	1,21	1,21	1,2	1,2	1Д9	1,19	1,19	1,18	1,18	1,17	1,17	1,16
кобаль та	0,02 6	0,02 5	0,02 5	0,02 5	0,02 5	0,02 5	0,02 5	0,02 4	0,02 4	0,02 4	0,02 4	0,02 4	0,02 4

Ухудшение вещественного состава запасов в недрах происходит как следствие интенсивной выемки богатых и медистых руд. Все это делает весьма актуальной проблему совершенствования технологии добычи рядовых и относительно бедных руд с обеспечением более высокого уровня качества, чем это имеет место при существующих технологиях [4].

## **2. Разработка системы определения качества руд**

### **2.1 Исследования известных технологий и оборудования по обеспечению автоматизации эксплуатационной разведки**

Важнейшими показателями качества рудного сырья являются вещественный и минералогический составы руд и уровень стабильности этих составов.

Требования потребителей к качеству рудоминерального сырья сводятся, в общем, к необходимости обеспечения:

- определенного уровня содержания основных полезных и вредных компонентов, т.е., чтобы средние значения содержаний компонентов в руде за определенные календарные сроки максимально соответствовали регламентированному (согласованному) уровню;
- минимизация отклонений содержаний компонентов в рудопотоке от среднего значения за календарные сроки и между отдельными партиями руды;
- максимальной однородности состава рудной массы внутри каждой партии или за отрезки времени. За критерии неоднородности применяют показатель изменчивости (например, среднеквадратичное отклонение) в более мелких объемах руды, чем те, с которыми имеют дело при обеспечении двух предыдущих требований.
- определенной кусковатости и влажности рудной массы;
- исключения попадания в рудную массу металлических предметов, дерева, закладочного материала и др.

Все эти требования разнохарактерные, имеющие свои критерии оценок и методы достижения цели. Но с другой стороны, многие из них взаимосвязаны. Тесно взаимосвязаны между собой первые три требования, а также усматривается связь между четвертым и пятым требованиями. Первые три позиции обеспечиваются путем решения триединой задачи, в основе которой лежат определенные количественно-качественные зависимости между объемами и качеством руды в этих объемах. Физическая сущность процесса формирования среднего уровня содержания металла в рудной массе практически та же, что и стабилизация этого показателя между соседними объемами. В свою очередь, усреднение состава рудной массы есть не что иное, как тот же процесс выравнивания показателя изменчивости, осуществляемый путем смешивания существенно меньших объемов руды. При этом, чем меньшие порции рудной массы участвуют в смешивании, тем глубже усреднение ее состава.

Таким образом, при существовании определенных различий в содержании первых трех требований к качеству рудной массы практические действия по их обеспечению сводятся в основном к объединению или, наоборот, разъединению объемов рудной массы разного качественного состава.

Усреднение, представляющее собой процесс физического смешивания в некотором объеме рудной массы, подчиняется тем же количественно-качественным зависимостям, но с гораздо меньшими объемами (порциями) смешивания. Постепенное уменьшение этих порций есть одно из главных условий осуществления эффективного усреднения рудной массы. Предельно возможное усреднение, которое способен обеспечить рудник, лимитируется, таким образом, кусковатостью рудной массы: чем меньше кондиционный кусок руды, тем выше возможности рудника в части усреднения качества своей продукции. Наиболее глубокий процесс усреднения достигается на обогатительной фабрике, где происходит измельчение рудной массы до наиболее мелкодисперсных частиц и создается физически более активная (пульпообразная) среда.

Из вышесказанного следует, что основой управления качеством руды являются количественно-качественные зависимости составных элементов рудной массы. Этот процесс может производиться, начиная с текущего планирования горных работ, и продолжаться при непосредственном осуществлении добычных работ по всей горно-технологической цепи рудника, вплоть до отправки руды потребителю.

Операции смешивания или разделения объемов (порций) рудной массы предопределяют принципы управления качеством, которые могут быть:

- разделительные (сепарационные), т.е. основанные на изъятии некоторых порций из общей рудной массы или части ее составных элементов (богатой руды, пустых пород, руды другого сорта и др.), либо
- смесительные (усреднительные), т.е. такие, при которых происходит объединение объемов разнокачественной рудной массы, осуществляемое определенными порциями.

В первом случае преследуются такие цели управления, как:

- повышение концентрации полезных компонентов в добытой руде
- разделение общей рудной массы на отдельные сорта

Смесительные (усреднительные) принципы управления могут использоваться для целей:

- снижения амплитуды колебания показателей качества руды
- повышения однородности состава руды

Способы по управлению качеством рудной массы в руднике могут быть весьма разнообразными. Они могут быть в виде производственных процессов и операций или организационных и экономических действий. В первом случае создаются дополнительные к существующим технологические комплексы (предконцентрации, сортировки, усреднения и пр.). Во втором случае в рамках существующей технологической схемы осуществляются организационно-

управленческие мероприятия по обеспечению определенного порядка выемки (выпуска) руды, ее доставки, транспорта, а также загрузки и выгрузки аккумулирующих (смесительных) емкостей, а также дополнительная регламентация имеющихся производственных операций. Экономическое управление качеством продукции рудников – это особое направление деятельности, основанное на изучении конъюнктуры рынка и возможностей горнодобывающего производства с разработкой и осуществлением соответствующей финансово-экономической политики предприятия.

По существу, на качество добытой руды в той или иной мере может оказывать влияние множество факторов. Проявляются они как на стадии нахождения руды в массиве, так и в рудной массе. Отсюда вытекает соответствующая градация способов управления качеством руды, выполняемых в очистном пространстве или за его пределами, в том числе в капитальных горных выработках и в технологическом комплексе на поверхности рудника.

Способы управления, осуществляемые в рудном массиве, в значительной мере связаны с последующим разубоживанием руды. Фактор засорения руды боковыми породами существенно влияет на результаты как разделительных, так и смесительных управляющих действий. Например, увеличение разубоживания не только снижает содержание металлов, но и повышает колебания качества, а также неоднородность состава рудной массы.

Управляющие воздействия на качество руды, отбитой от массива, как правило, составляют вторую стадию формирования качества, для которой характерны более глубокие технологические результаты. В этой стадии наиболее кардинальным способом повышения качества рудной массы является вынесение части обогащательных процессов в подземное пространство рудника. В основном это процессы рудоподготовки с дроблением и измельчением, а также первичные (в основном сухие) виды сепарации. Но в определенных условиях может оказаться целесообразным размещение в подземном пространстве и цеха тяжелой суспензии. Однако не более того, поскольку создание в подземном пространстве полного цикла обогащения, включающего флотацию и другие процессы, связанные с использованием химикатов и массовым выходом загрязненных вод, чревато возникновением больших сложностей, как для рудника, так и для самой обогащательной фабрики. В этой связи более оправдано создание в руднике и на его поверхности пунктов предконцентрации и сортировки рудной массы, а также усреднительных комплексов, которые должны функционировать в общей управляющей системе. При этом стабилизации качества рудной массы будут способствовать и разделительные процессы. Например, обособление рудопотоков с разнокачественной рудной массой может существенно снизить относительную изменчивость показателя качества в каждом из этих рудопотоков. Аналогично и селективная отбойка руды (приводящая к снижению разубоживания) обеспечивает более стабильный состав рудной массы. Кстати, это еще одно подтверждение общности физической сущности разделительных и смесительных процессов. Эта общность

подтверждается и родственностью их критериев оценки, которые, будучи статистическими характеристиками, по сути своей отражают разную степень разброса текущих показателей относительно среднего уровня.

На рисунке 4 представлена наиболее полная систематизация (классификация) способов управления качеством руд при подземной добыче, составленная Кожиным Х.Х., которая включает в себя принципы, цели и охватывает основные способы управления. Данная систематизация может развиваться при появлении новых способов формирования качества продукции рудников, без нарушения общей структуры данной систематизации.



Рисунок 4 – Систематизация способов управления качеством руды при подземной добыче

В рамках предлагаемой структуры создается возможность системного решения задач управления качеством руды в процессе ее подземной добычи. На первой стадии управления выполняется планирование горных работ с обеспечением среднего регламентированного содержания металла в годовом, квартальном и месячном объемах добычи. При этом устанавливаются конкретные объекты разработки и объемы выемки с определением основных технических и технологических средств горных работ и соответственно способов управления качеством на этой стадии. В последующем, при оперативном планировании и управлении горно-добычных работ, а также при их осуществлении, одновременно с формированием требуемого абсолютного уровня качества руды минимизируются отклонения текущих показателей от средней регламентированной величины. Для повышения концентрации металлов в рудной массе и разделения ее по сортам руды используются современные средства предконцентрации и рудосортировки. На последней стадии управления качеством добычи в руднике обеспечивается внутренняя однородность состава

добытой рудной массы, главным образом, в усредняющих средствах в горных выработках или на поверхности рудника, а также осуществляется выходной контроль по всем показателям качества руды, отправляемой потребителям [5].

Улучшение качества полезных ископаемых обычно ассоциируется в первую очередь с повышением в них содержания полезных компонентов. При добыче в прошлом это в основном достигалось за счет применения селективной разработки, при которой производилась раздельная отбойка от горного массива руды и боковых горных пород с последующей их раздельной доставкой и складированием. Второй способ — это рудоотработка или породотборка из отбитой рудной массы. В условиях преимущественно ручного труда такие способы повышения качества добычи были естественными, поскольку они снижали общие затраты труда на горные работы и на получение конечного продукта за счет уменьшения засоренности добытой руды.

С механизацией горно-добычных работ и, особенно, с массовой индустриализацией всего горного производства селективная разработка и ручная породотборка постепенно стали терять свое прежнее значение, поскольку они существенно сокращают производительность горного оборудования и тормозят темпы производства горных работ. В этой связи селективную разработку и породотборку стали применять очень редко, в основном при выемке участков очень ценных руд в приконтактных зонах, а также для выемки отдельных гнезд и жил.

Дальнейшее развитие рудников идет по пути их технического перевооружения с применением все более мощной и дорогостоящей самоходной погрузочно-доставочной техники, с созданием концентрационных горизонтов с глубокими рудоспусками, автомобильным и рельсовым транспортом и скиповым подъемом большой грузоподъемности. Соответственно в околоствольных дворах сооружаются дробильные узлы большой производственной мощности. Для того чтобы весь этот комплекс работал высокоэффективно, необходимо создание массового горного производства с большим фронтом работ, а это предопределяет применение наиболее производительных систем разработки с максимально возможными, по горным условиям, параметрами. Как следствие этой логики и для расширения области применения крупнотоннажного горного и транспортного оборудования отдельные относительно мелкие рудные тела стали объединять в более мощные рудные зоны — штокверки. Понятно, что в этих новых горнотехнических и производственных условиях места для селективной разработки и породотборки в прежнем их виде практически не остается.

Одновременно с расширением массовых технологий добычи полезных ископаемых интенсивно возрастают и масштабы обогащательного производства. Решающее влияние на это оказывает истощение богатых запасов руд и дальнейшее наращивание темпов и объемов горных работ, необходимых для компенсации снижения концентрации металлов в добытой рудной массе. При этом существенно возрастает общая трудоемкость в сфере обогащения,

увеличивая долю этого производства в себестоимости конечной продукции — металла. Причем и общие затраты на горные работы, в связи с увеличением объемов добычи, также возрастают. Очевидно, что такой процесс экстенсивного развития горного и обогащительного производства не может быть беспредельным. Поэтому естественен поиск альтернативных путей прогресса, базирующихся на новых научно обоснованных концепциях. В этой связи представляется, что одним из наиболее перспективных направлений совершенствования горнодобывающего производства может оказаться развитие технологий добычи твердых полезных ископаемых с обеспечением в подземных условиях предконцентрации рудной массы. При этом предполагается создание в рамках современного высокопроизводительного горно-добычного комплекса такого производства, в котором отбитая рудная масса, при ее прохождении по технологической цепи рудника, разделяется на два или несколько потоков, состоящих из рудной массы с повышенным содержанием полезных компонентов (предконцентрата) и отходов предконцентрации (пустых пород или некондиционной руды). Такой производственный процесс еще называется механизированной породотборкой. Кроме того, возможны и варианты технологии с разделением по типам и сортам руды (процесс рудосортировки). Например, рудная масса может делиться на потоки сплошных и вкрапленных руд, медных и медно-свинцовых, окисленных и неокисленных, силикатных и сульфидных и др. Посортное выделение руд имеет смысл при селективных схемах обогащения, как известно, обеспечивающих более полное извлечение полезных компонентов и сокращение отходов переработки. Процесс предконцентрации (сортировки) максимально автоматизируется с применением специальных сепараторных устройств. В основу процессов предконцентрации закладываются устойчивые корреляционные связи между определенными физическими характеристиками и вещественным составом горных пород, а также степень различия этих характеристик между разделяемыми компонентами рудной массы (понятие — контрастность). Разделение компонентов рудной массы может производиться на базе непосредственного использования различия каких-то свойств полезных ископаемых и засоряющих их горных пород. Так, некоторые руды (свинцовые, медные сульфидные, золотокварцевые и др.), имея относительно большую хрупкость и меньшую прочность, образуют в навале рудной массы менее крупные куски и большее количество мелочи, чем окружающие их горные породы. Это позволяет отделять наиболее богатую часть рудной массы путем ее грохочения. Кроме того, используя различие в удельном весе руды и пустой породы, возможно разделение руды и пустых пород в плотной жидкой среде. Например, в процессе гидроподъема рудной массы на поверхность или, по аналогии с обогащением в тяжелых средах, в специальных емкостях, отделяя наиболее доступную в этих условиях часть пустых пород. Для железных руд для разделения компонентов рудной массы (руды и пустой породы или разносортных руд) могут использоваться магнитный и индукционный способы, а для шеелитсодержащих и некоторых других горных пород — люминесцентные и рентгенолюминесцентные. Развиваются и другие средства, позволяющие сепарировать рудную массу на ее составляющие.

Определяющим для эффективного разделения рудной массы является наличие двух условий:

- технических средств для достаточно быстрого и точного определения вещественного или минералогического состава рудной массы;
- способов селекции, технологичных для горного производства.

Бурение используется во многих горнодобывающих операциях, начиная от разведки и бурения скважин. В общем, мониторинг при бурении используется для записи данных измерений во время бурения. Одна из главных причин мониторинга является прогнозирование свойств горных пород, необходимых для геотехнического проектирования проектов. Как только будут оценены такие свойства горных пород, можно будет сделать тактические решения по планированию в процессе разработки месторождений.

Существует тесная взаимосвязь между параметрами бурения и свойствами горных пород, о чем свидетельствует увеличение числа публикаций по различным горнорудным проектам. Также можно найти отчеты и документы, касающиеся параметров бурения к некоторым другим интересным приложениям, таким как определение сильных и слабых горных зон в карьерах, прогнозирование местоположения твердых линз и обнаружение верха угольного пласта.

Технология измерения параметров при бурении широко используется в нефтегазовой промышленности с 1911 года. С 1970 года система была распространена на горнодобывающих предприятиях, главным образом при добыче полезного ископаемого открытым способом (Li и др., 2014; Segui & Higgins 2002). Ранние системы измерения параметров при бурении, такие как автомагнитолы, генерировали длинные отчеты, но использование данных было минимальным (Vynne 1997) из-за стадии подготовки устаревших данных. К счастью, в настоящее время использование современных компьютеров позволяет применять современные методы анализа и фильтровать информацию. Традиционное регрессионное моделирование является наиболее широко используемым методом в качестве инструмента интерпретации и анализа. В последнее время популярность приобрели некоторые другие инструменты моделирования, такие как методы мягких вычислений.

Новые развивающиеся мягкие методы вычислений является адаптивным нейросистемой нечеткого вывода (ANFIS) моделирование. Считается подходящим инструментом моделирования для геонауках, так как он может иметь дело с неопределенностью и справиться с изменением окружающей среды (Basarir и др. 2014).

В течение почти двух десятилетий, наблюдается растущий интерес к методам определения породы в массиве и их использование в карьерах. Одним из важных применений метода является интерпретация условий грунта (Scoble и



др., 1989). Scoble и Peck (1987) считали, что можно определять характеристики породы в реальном времени и использовать их в проектирование взрыва.

Howie и Frizzell (1988) разработали систему MWD, которая измеряет параметры бурения (скорость вращения, осевое усилие, крутящий момент и скорость подачи), а затем вычисляет удельную энергию при бурении отверстий. Буровая машина оснащена экраном, который отображает колебания удельной энергии и скорости подачи. Используя компьютер, который может анализировать и интерпретировать параметры бурения в реальном времени. Кроме того, для операторов могут быть выяснены опасные зоны (например, полости, изменения формы) на крыше. Данные можно загрузить на съемное полупроводниковое запоминающее устройство. Аппаратное обеспечение включает искробезопасные компоненты. Эта система также доступна в больших газовых шахтах.

Совместная исследовательская группа J. H. Fletcher & Company и Университета Западной Вирджинии разработала систему отображения информации Flecture во время бурения шпуров. Finfinger и др. проводили эксперименты в помещении с использованием этой системы. Результаты показали, что прочность породы на одноосное сжатие линейна по отношению к удельной энергии (Finfinger и др., 2000). Anderson и др. (2007) использовали мониторинг для оценки твердости горной породы, обнаружение пустот и разрывов поверхностей, а также для отображения структуры горной породы в реальное время. Впоследствии Gu (2003) изучил алгоритм и предложил концепцию твердости бурения. Сообщается, что твердость сверления является эффективным параметром для обнаружения прерывистых поверхностей, включая границы и трещины. Кроме того, с использованием Prediction Discriminant Analysis (PDA) типы пород могут быть определены на основе механических данных (осевое усилие, скорость подачи, ударный импульс, крутящий момент и скорость вращения).

Команда Utt в исследовательской лаборатории Spokane выпустила искробезопасный монитор для сверл. Для его программного обеспечения была принята карта самоорганизации (SOM, технология нейронных сетей). Используя удельную энергию бурения и скорость подачи, классификация геологических характеристик была реализована. Также возможно обнаружение пустот. Внутренний тест подтвердил эту систему (Utt и др., 2002).

Команда Yue сообщила о мониторинге процессов бурения (DPM) на базе бурового станка ударного типа. Этот DPM может оценивать типы слоя горных пород от скорости подачи. Согласно этому исследованию, бурение включает в себя шесть операций: подачу, отталкивание назад, промывка, затягивание штанги, удаление шлама и остановка. Каждый тип операции идентифицируется по различным признакам механических данных. Полезно определить эффективное время бурения, игнорируя время вспомогательной работы. Поэтому точность вычислений значительно улучшается (Yue и др., 2004).

Исследовательская группа в Муроранском технологическом институте подробно изучила измерение параметров при бурении с 1980-х годов (Itakura и др., 2004; Li и др., 2009; Li и Itakura 2011 A; Li и Itakura 2011 B; Li и Itakura 2012). Недавно разработанная система представлена на рисунке 5 (Li and Itakura 2012). Он может анализировать данные бурения и вычислять необходимые параметры, включая крутящий момент, осевое усилие, длину проникновения при ударе через один оборот, удельную энергию бурения и эффективную (оптимальная удельную энергию). Кроме того, можно предсказать местоположение разрывов, типов пород, полученных из анализа. Прогнозируемые результаты показаны как 2D или 3D изображения геологических структур с использованием VRML. Были опробованы три метода определения свойств пород из данных бурения: множественный регрессионный анализ, нейронные сети и теоретический анализ.

Gui и др. разработали систему измерения параметров при бурении горной породы. На основе роторного бурового станка. Система может измерять осевое давление, крутящий момент, давление бурового раствора, скорость вращения и скорость подачи. Путем стабилизации осевого давления и скорости вращения можно определить грунтовые слои и изменения пласта на основе скорости подачи и крутящего момента (Gui и др., 2002, Gui и Hamelin 2004, Gui 2008).

Kumar и др. (2013) исследовали связи между уровнем звука, сопровождающим операции бурения и свойствами горных пород. Они сообщили, что свойства горных пород, такие как прочность породы на одноосное сжатие, прочность на растяжение и пористость, можно оценить по уровню звука с использованием MWD. Использовались методы мягких вычислений, такие как модели множественной регрессии и искусственных нейронных сетей (MLP и RBF).

Kahraman и др. (2016) провёл исследования горного массива с использованием горных сверл для подземной добычи и строительства. Они отметили, что методы определения породы в массиве используется больше в открытой и мелкой горнодобывающей промышленности, чем в подземных горнодобывающей промышленности (Kahraman и др. 2016 г.). Как можно понять из предыдущих исследований и текущих тенденций, есть возможности, которые существуют, чтобы использовать технологию измерения параметров при бурении особенно в подземных горных условиях.

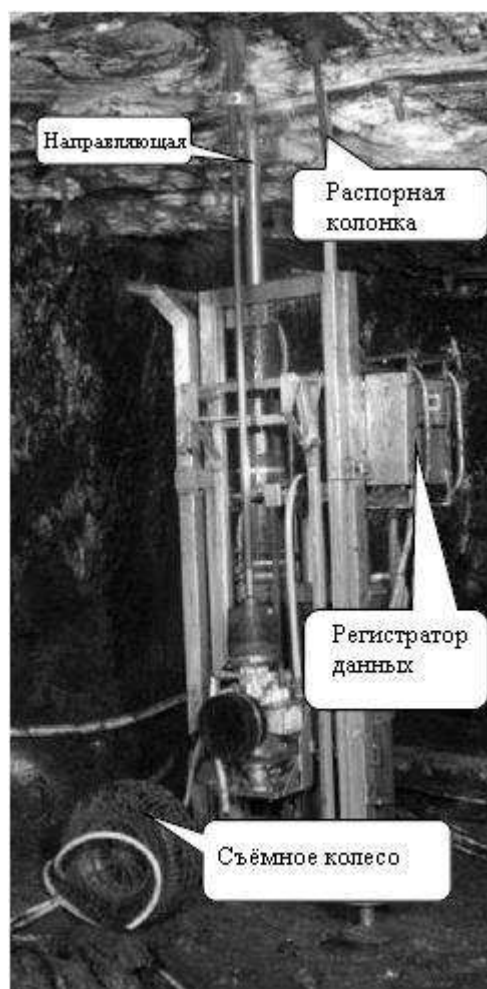


Рисунок 5 – Буровая машина Trussmaster (Li и Itakura 2012)

В итоге большинство систем измерения параметров бурения могут непосредственно определять и записывать следующие данные: крутящий момент, осевое усилие, скорость вращения, скорость подачи. В последнее время многие исследователи также обратили внимание на уровень звука, создаваемого при бурении горных пород. Кроме того, системы измерения параметров бурения могут предоставить достаточную информацию для определения геоструктуры слоя и свойств горной породы, которые включают прерывистые поверхности (трещины, границы, пустоты), тип горных пород, тип почвы и свойства горных пород (например, прочность породы на одноосное сжатие). Почти все связанные с этим документы заявили о возможности обнаружения прерывистых поверхностей и идентификации типов пород. На рисунке 6 показана схема от получения данных при бурении до построения томограммы породного массива на основе исследований [6].

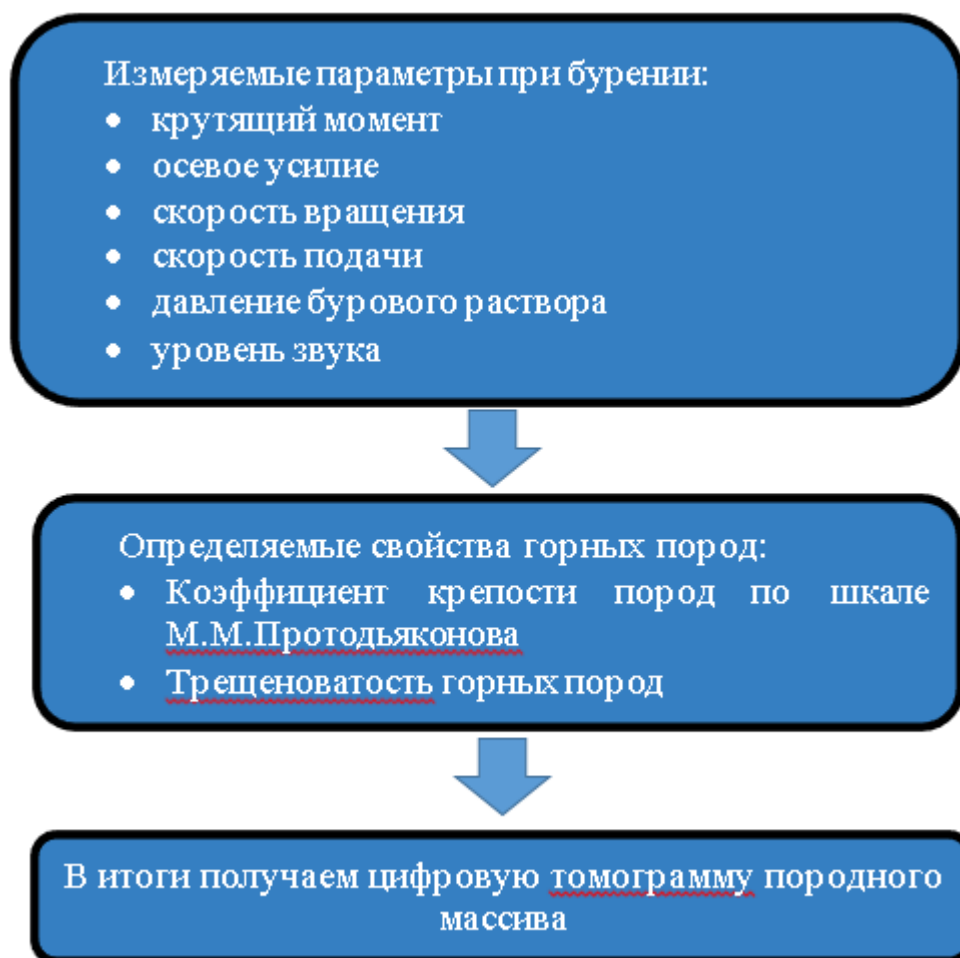


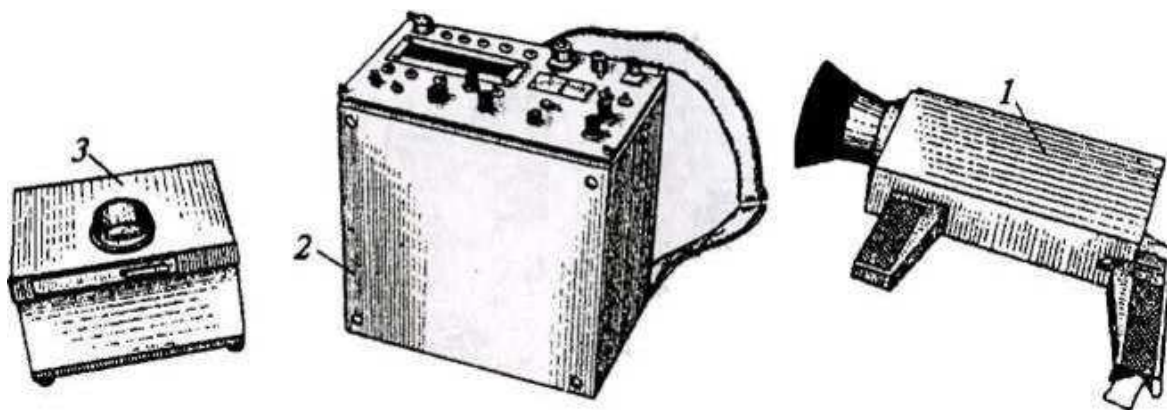
Рисунок 6 – Схема определения типа горных пород в массиве

Универсальными средствами оперативного распознавания состава руд являются радиометрические. Радиометрическим методом для управления качеством руд начали пользоваться с 1940-х годов прошлого века на урановых рудниках. Концентрацию радиоактивных химических элементов в руде (в массиве и в навалe) устанавливали с помощью радиометров. При этом использовали прямую зависимость концентрации металла от интенсивности радиационного излучения.

Впоследствии радиометрический метод опробования стали использовать и для нерадиоактивных полезных ископаемых. Для этого производится облучение нерадиоактивных в естественном состоянии руд и анализируется спектр отраженного луча с выделением с помощью специальных фильтров интересующих химических элементов. В качестве источника возбуждения используются радиоизотопы или рентгеновские трубки. Вначале такие приборы создавались в основном исходя из потребностей химии, металлургии, обогащения, а также для геофизического поиска и разведки месторождений полезных ископаемых. Главным образом, это стационарные лабораторные установки, для которых в качестве проб используются навески горных пород в порошковом состоянии. Приборы, применяемые в геологоразведке, в том числе для каротажа скважин, выполнены в виде передвижных установок и снимают

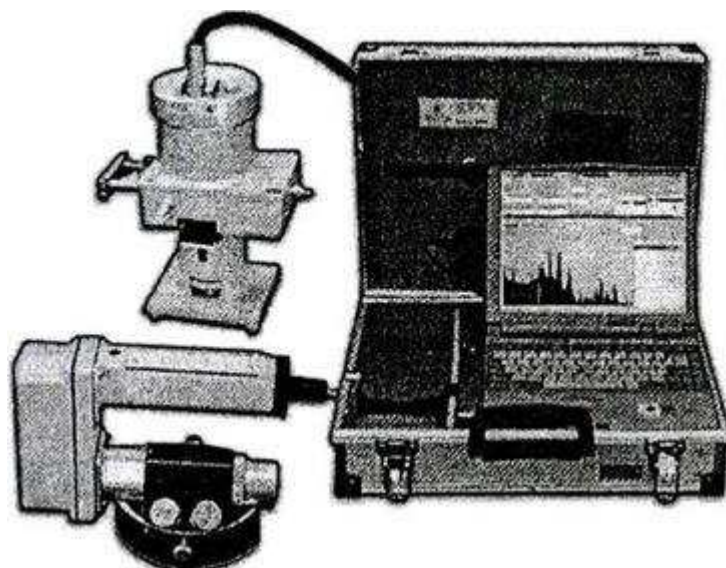
данные о вещественном составе со стенок скважин или других горных выработок.

В начале 1970-х годов был создан первый образец портативного прибора, предназначенного для использования в полевых условиях. Это был рентгеноспектральный аппарат «Барс- 2» (рисунок 7). Позже конструкция таких приборов совершенствовалась: уменьшалась их масса, применялись различные источники излучения, увеличивалась точность и надежность аппаратуры. Современные экспресс-анализаторы создаются на базе ноутбука или карманного компьютера с автономной системой питания (рисунок 8). В основном в этих приборах используется у-излучение, в т.ч. создаваемое с помощью рентгеновских трубок. Такие приборы-анализаторы позволяют производить оперативное опробование кускового материала или массива горных пород, за доли секунды устанавливая содержание до 20 химических элементов. В настоящее время отечественные и зарубежные компании выпускают как стационарные, так и портативные аппараты для экспресс-анализа минеральных сред. Естественно, что информация, получаемая на портативных аппаратах, менее точная, чем на стационарных установках. Тем более, что они работают не на специально подготовленных порошковых пробах, а на кусковом материале и в массиве горных пород. Но главное их достоинство — это быстрота и возможность получения большого массива статистических данных за относительно короткие сроки, что необходимо и часто вполне достаточно для оперативного управления производством.



1 — датчик; 2 — блок питания; 3 — блок стабилизации

Рисунок 7 – Один из первых образцов портативного рентгеновского экспресс-анализатора состава горных пород «Барс-2»



а



б

а — рентгенорадиометрический «ПРАМ-1» (ВНИИТФ, Россия); б — магнитометрический «МРР-Е28» (ОБО, Канада)

Рисунок 8 – Современные портативные экспресс-анализаторы

Дело в том, что общепринятый способ опробования рудных тел и отбитой рудной массы, основанный на взятии множества проб с последующим их химическим анализом, стал отставать от потребностей современных рудников с интенсивным темпом производства и тормозить их дальнейшее развитие. В связи с малой оперативностью результаты такого анализа получают в лучшем случае через несколько часов после опробования, а на практике на это обычно уходят сутки. Таким образом, информация о качестве руды в потоке отстает от выполнения добычных работ и последующих производственных процессов. Как следствие этого, не имея своевременной информации о характеристиках рудной массы в конкретных пунктах, управление производством осуществляется исходя из самых общих представлений о реальной ситуации. Поэтому создание на

рудниках сквозной, оперативно действующей системы информации о качестве руды по всей технологической цепи, начиная от опробования рудного тела и отбитой руды по каждому забою (очистному блоку, панели) и заканчивая складами и рудопотоками на поверхности, является необходимым условием эффективного управления процессом формирования качества продукции рудника.

Такая система необходима не только для повышения среднего содержания полезных компонентов в результирующем общешахтном рудопотоке, но она также нужна для стабилизации его вещественного состава. Лишь оперативно получая достоверную информацию о характеристиках руды по всему диапазону шахтного поля и по всей технологической схеме рудника, можно достаточно результативно осуществлять управление производством.

Вопрос стабилизации качественных характеристик рудной массы, отправляемой на переработку, как это было уже показано выше, становится еще более актуальным со снижением среднего уровня содержания в ней полезных компонентов. Именно по этой причине проблема стабильности рудоминерального сырья вначале остро проявилась при открытой добыче, где обычно добывают более бедные руды. Подземные же рудники стали заниматься решением этой проблемы в основном значительно позже. Кроме разработки более высококачественных руд, определенную роль в этом сыграло и то обстоятельство, что подземные рудники имеют, по сравнению с карьерами, более многоступенчатую технологию добычных работ с многократным перемешиванием рудной массы. Так, при подземной добыче, кроме взрывной отбойки, выполняются гравитационные процессы выпуска рудной массы через множество выпускных отверстий, ее доставка с перепуском через блоковые, участковые и капитальные рудоспуски, подземное механическое дробление с бункеризацией руды, а также ряд других процессов и операций, сопровождаемых перегрузочными работами. Кроме того, рабочая емкость подземного горного и транспортного оборудования и технологические параметры элементов горных работ обычно меньше. Поэтому и дозы смешивания разнокачественной рудной массы ниже, чем в карьерах. Все это способствует тому, что степень усреднения рудной массы при подземной добыче существенно выше, чем при открытых горных работах. Как результат — трудно управляемый процесс выравнивания качественных характеристик рудной массы в руднике происходит значительно интенсивнее и эффективнее.

В определенных условиях, особенно при разработке богатых руд с относительно небольшой изменчивостью показателей качества руды в недрах, этой естественной усреднительной способности подземной горно-добычной технологии оказывается достаточно для удовлетворения потребности перерабатывающего производства. Но, по мере обеднения рудных запасов, в разработку вовлекается все больше участков месторождения с неустойчивыми характеристиками руды. Как следствие этого, понижается среднее содержание металлов, увеличивается амплитуда и частота изменения содержания металлов в

объеме извлекаемых запасов руды, оказывая все большее негативное воздействие на горнометаллургическое производство. Но и при наличии относительно богатых руд определенная степень изменчивости их качества имеет место и поэтому всегда есть объективная необходимость управления качеством. Вопрос заключается лишь в том, на каком этапе всего комплекса производств возможно технологически наиболее эффективно выполнять соответствующие мероприятия по управлению качеством руды: в подземном пространстве рудника, на его промплощадке, в транспортных средствах или на территории обогатительной фабрики.

Мировой опыт и практика отдельных отечественных горных предприятий подтверждают актуальность и технологическую возможность эффективного решения проблемы управления качеством рудоминерального сырья уже на стадии горного производства. Это тем более важно, так как процесс повышения качества конечной продукции, как правило, многостадийный. Решить эту проблему только за счет технологий переработки обычно значительно дороже и не всегда технически возможно на должном уровне.

Проблема управляемого формирования качества рудо-минерального сырья в процессе его добычи является по своей сути технолого-экономической. Технологически в ней выделяются два самостоятельных и вместе с тем взаимосвязанных аспекта:

- увеличение концентрации полезных компонентов в добытой рудной массе;
- повышение степени стабильности вещественного и минерального состава рудной массы.

Кроме того, весьма актуальны и другие направления проблемы обеспечения качества рудоминерального сырья в части его гранулометрического состава, прочностных характеристик, влажности, засоренности закладочным материалом, попадания металлических и деревянных предметов и др.

## **2.2 Устройство буровой машины Atlas Copco Simba M7 C**

### **2.2.1 Конструкция и характеристики буровой техники**

За предприятие аналог принята профсоюзная организация рудника "Октябрьский" открытого акционерного общества "горно-металлургической компании "Норильский никель". На этом предприятии эксплуатируются семь буровых машин веерного бурения, пять из которых фирмы Atlas Copco модель Simba M7 C. Поэтому берем именно эту машину.

Simba M7C (рисунок 9) представляет собой буровую установку для бурения глубоких скважин диаметром от 51 до 89 мм в подземных выработках среднего и большого сечения. Установка позволяет выполнять веерное бурение параллельных скважин с шагом до 5,5 м вверх и вниз. Она оснащена высокопроизводительным перфоратором для скважин большого диаметра и



компьютерной системой управления (RCS) Атлас Копко, которая обеспечивает неизменно высокоточное бурение глубоких скважин. В таблице 6 представлены основные технические характеристики буровой машины Atlas Copco Simba M7 C.

Компьютерная система управления (RCS):

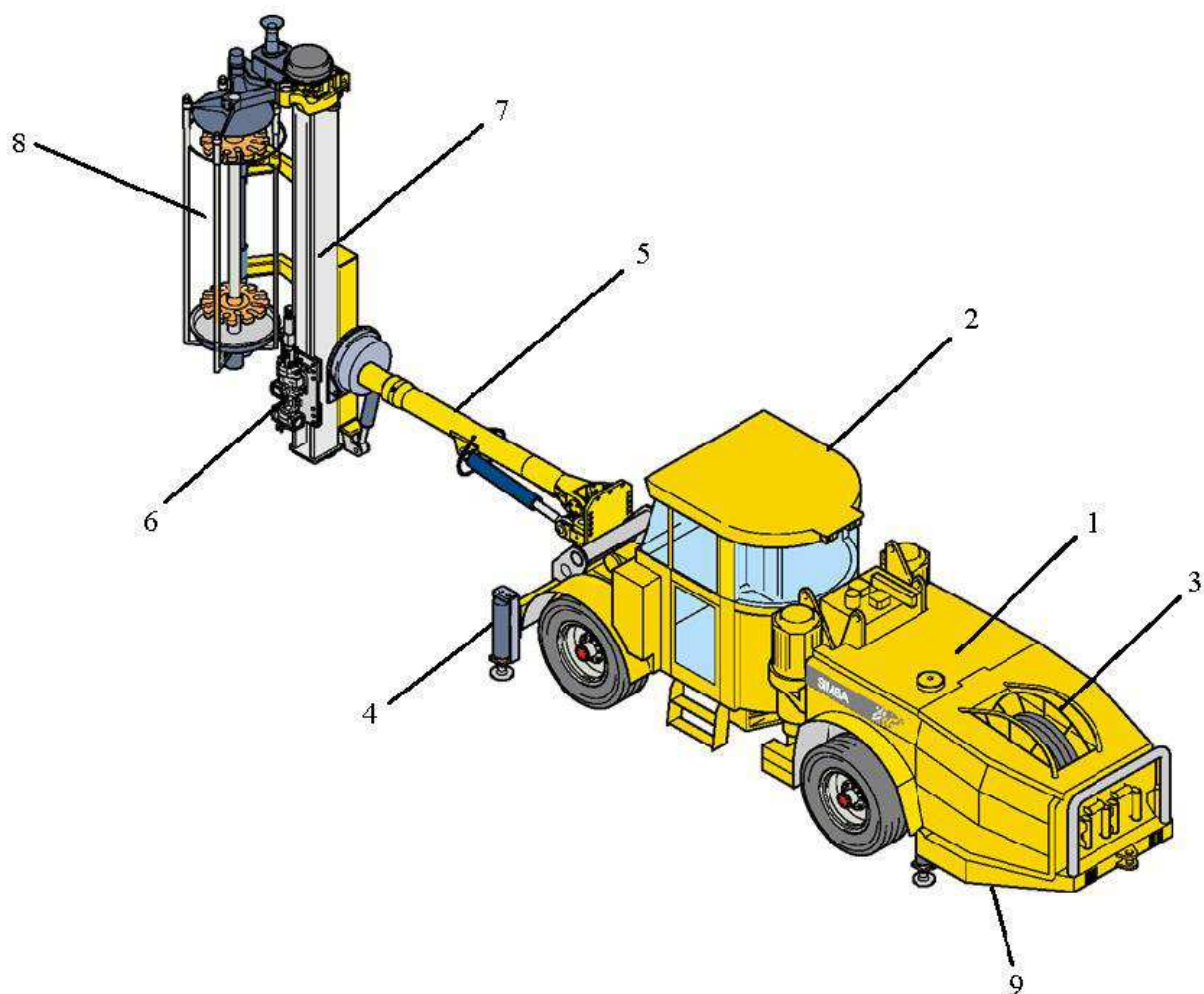
- высокотехнологичная система управления бурением;
- предусматривает возможность трехуровневой автоматизации;
- обладает весьма понятным интерфейсом;
- снижает нагрузку на оператора;
- создана для достижения превосходной производительности и качества бурения;

Перфоратор COP 1838ME 18 кВт имеет высокую эксплуатационную готовность и хорошую производительность; Бурильная установка со стрелой имеет максимальный вылет и гибкость при бурении глубоких скважин и шпуров под анкерную крепь.

Бурение кольцевых, веерных и параллельных скважин на расстояние до 6,1 м без переездов. Устройство карусельного типа на 17 (+1 на податчике) буровых штанг для механизированного бурения на глубину до 32 м.

Таблица 6 – Технические характеристики буровой машины Atlas Copco Simba M7 C

Диаметр скважины	51–89 мм
Стандартный перфоратор	COP 1838ME
Длина податчика, мм	3160/3465/3770
Система позиционирования	1 стрела BUT 35BB + вращатель
Буровая система	RSC
Двигатель	Deutz, 4-цилиндровый, TCD 2013 L04 2 V
Номинальная мощность	120 кВт при 2300 об/мин
Высота при поднятой крыше	3050 mm
Радиус поворота, внутренний	3800 mm
Радиус поворота, наружный	6500 mm
Клиренс	300 mm
Ширина	2250 m
Высота перевозки	3050 mm
Длина, транспортная	9460 mm

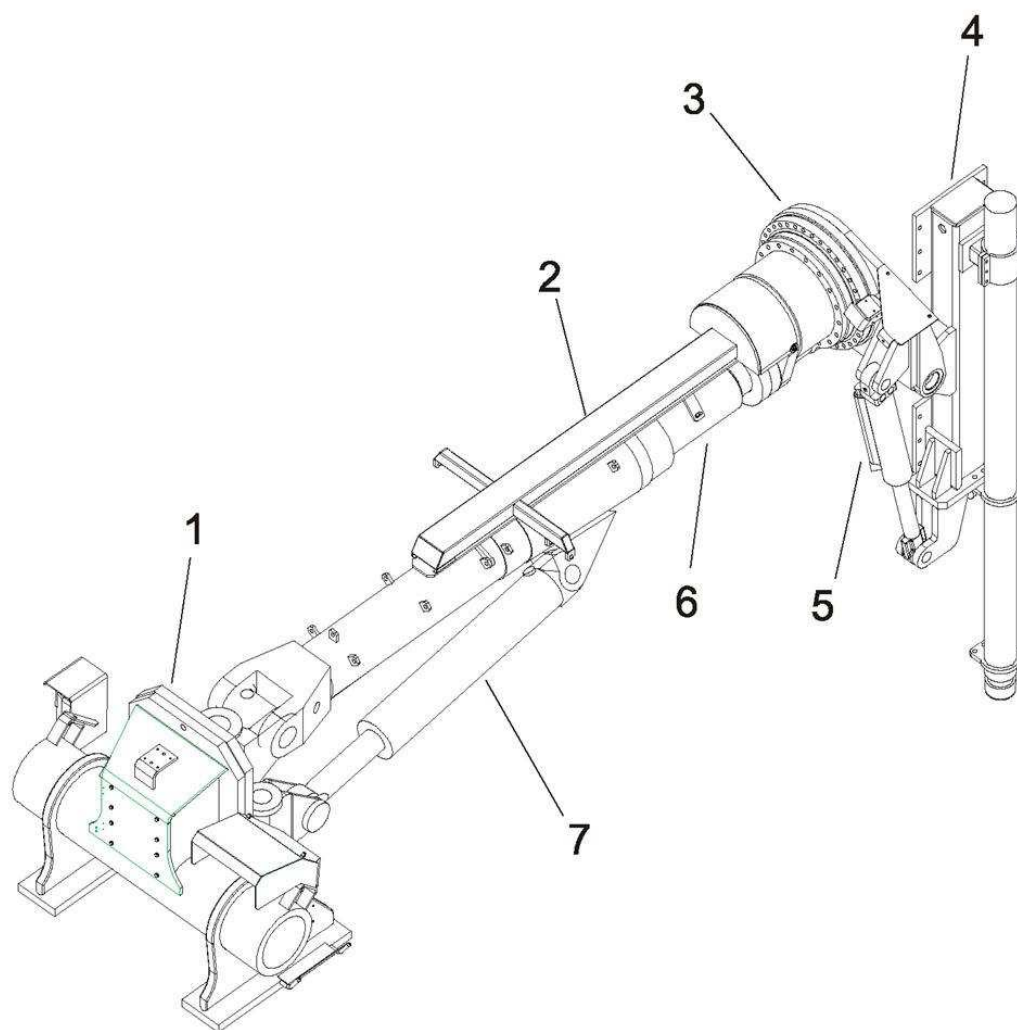


1 – моторный отсек; 2 – кабина управления; 3 – кабельный барабан; 4 – гидродомкрат; 5 – манипулятор; 6 – бурильная головка; 7 – податчик; 8 – кассета; 9 – рама с ходовой частью

Рисунок 9 – Буровая машина Atlas Copco Simba M7 C

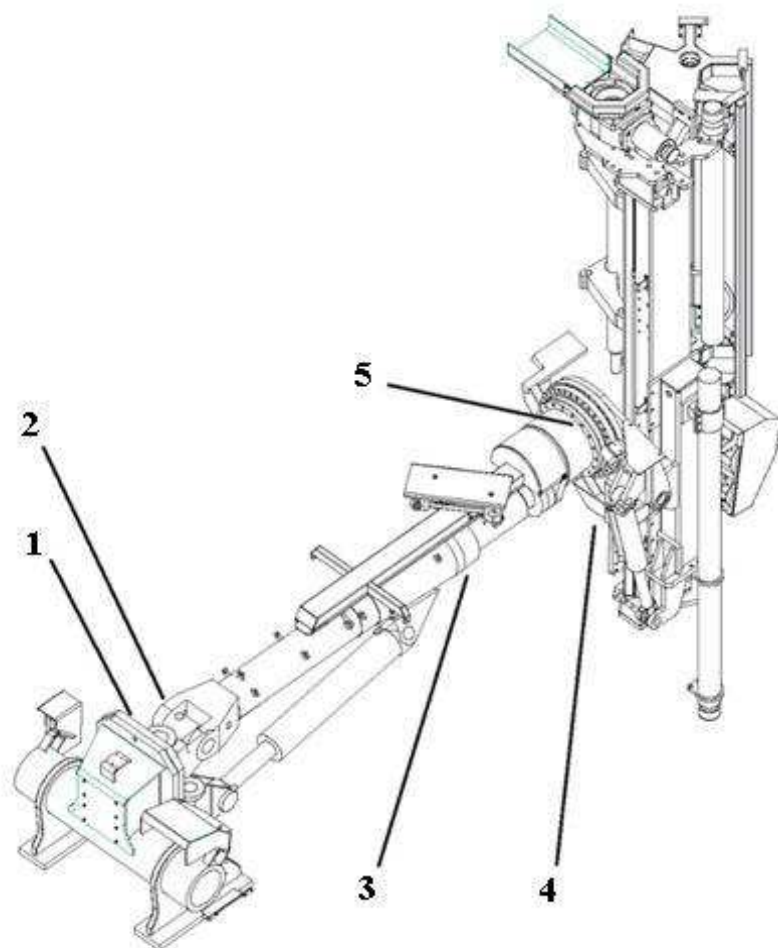
Гидравлическая стрела (рисунок 10) является стрелой с телескопическим механизмом с поворотом податчика на 360°. В задней части она имеет трехточечную подвеску с двумя гидроцилиндрами, которые благодаря последовательному соединению обеспечивают устойчивое управление как в вертикальном, так и горизонтальном направлении. Гидроцилиндр наклона дает возможность установки податчика для бурения, как кровли, так и бортов.

На стреле расположены датчики позиционирования, которые считывают углы поворота отдельных частей стрелы. Они представлены на рисунке 11.



1 – монтажная плита; 2 – защитная крыша; 3 – поворотный механизм; 4 – держатель податчика; 5 – цилиндр-опрокидыватель; 6 – телескопический механизм; 7 – задний цилиндр стрелы

Рисунок 10– Буровая стрела Bom BUT 35 Simba



1 – датчик поворота стрелы; 2 – датчик наклона стрелы; 3 – датчик удлинения стрелы; 4 – датчик поворота позиционера; 5 – датчик наклона позиционера;

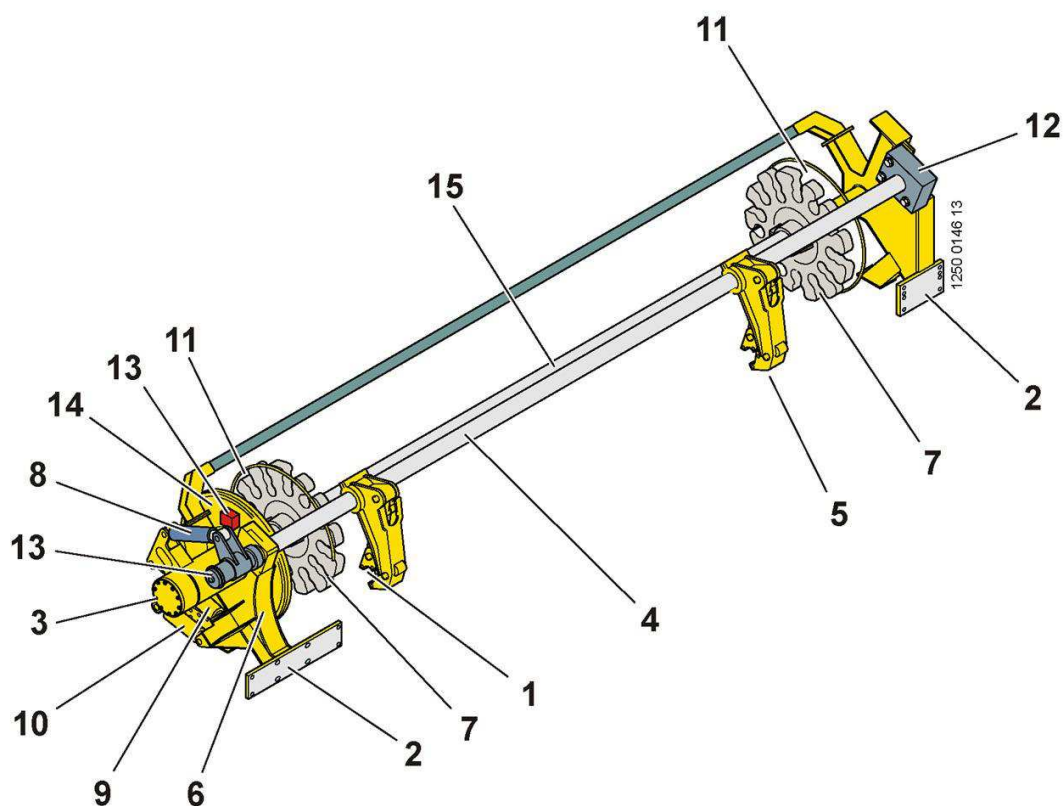
Рисунок 11– Размещение датчиков позиционирования

Технические системы позиционирования представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики системы позиционирования

Хвостовик сзади на устройстве подачи	BSJ 8-200
Стрела	BUT 35BS
Удлинение стрелы, макс.	1600 mm
Гашение подачи, бурение	+90% вперед, -10% назад
Удлинение податчика (с буровым инструментом 4')	900 мм
Поворотный аккуратор	BHR 30 для веерного бурения 360%

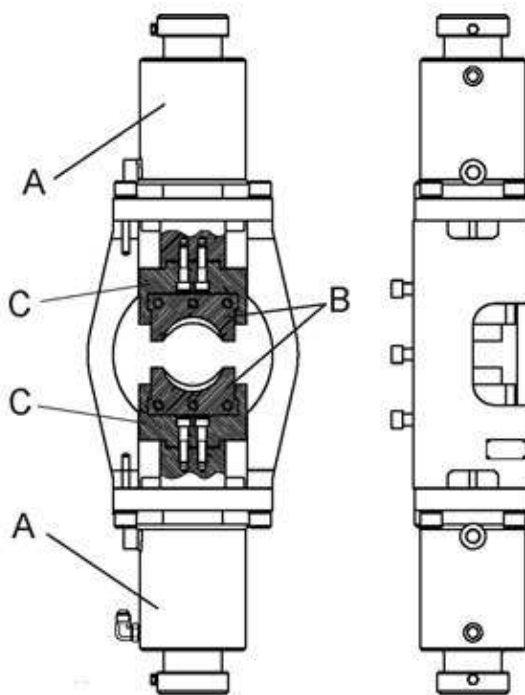
Системы манипулирования буровыми штангами состоит из кассетирующее устройство барабанного типа служит для наращивания и развинчивания бурового става. Кассетирующее устройство барабанного типа представлено на рисунке 12.



1– Клеши; 2 – Крепление; 3 – Соединительный замок; 4 – Ось манипуляторов; 5 – Манипулятор; 6 – Замковый цилиндр; 7 – Держатель бурового инструмента; 8 – Поворотный цилиндр; 9 – Остановочный цилиндр; 10 – Цилиндр шагового поворотного устройства; 11 – Обруч; 12 – Датчик расцепителя; 13 – Индуктивный датчик (3 шт.); 14 – Торцовая часть; 15 – Ось магазина

Рисунок 12 – Системы манипулирования буровыми штангами

Зажимные колодки люнета BSH 55(рисунок 13) имеются в нескольких исполнениях, предназначенных для большинства типов штанг и буровых труб, а также сочетаний штанга - направляющая труба.



А – гидравлический цилиндр; В – зажимные колодки; С – торец поршневого штока

Рисунок 13 – Люнет BSH 55

Зажимные колодки (рисунок 14), предназначенные для буровых штанг, из соображений безопасности всегда оснащены выступом, служащим опорой для буровой штанги. По этой причине важно обеспечить правильную установку этих колодок, т. е. для бурения, направленного вверх соответственно вниз.

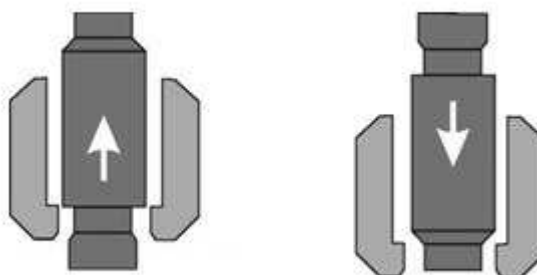
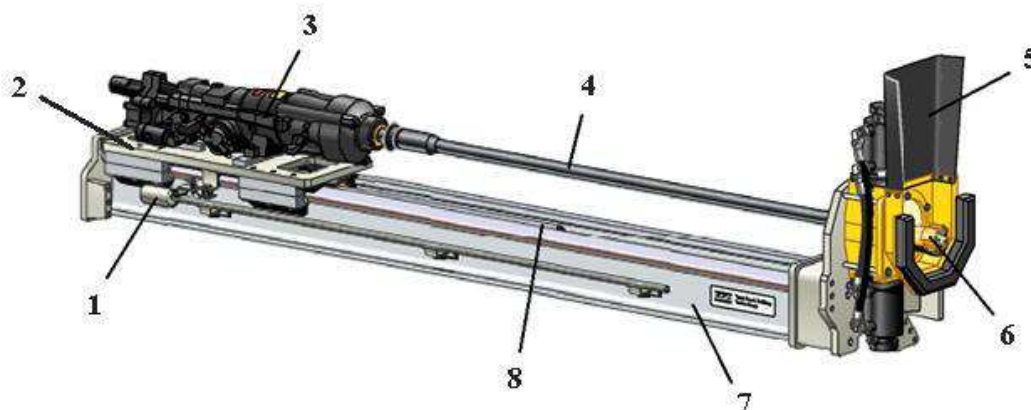


Рисунок 14 – Расположение зажимных колодок для направленного вверх и вниз бурения

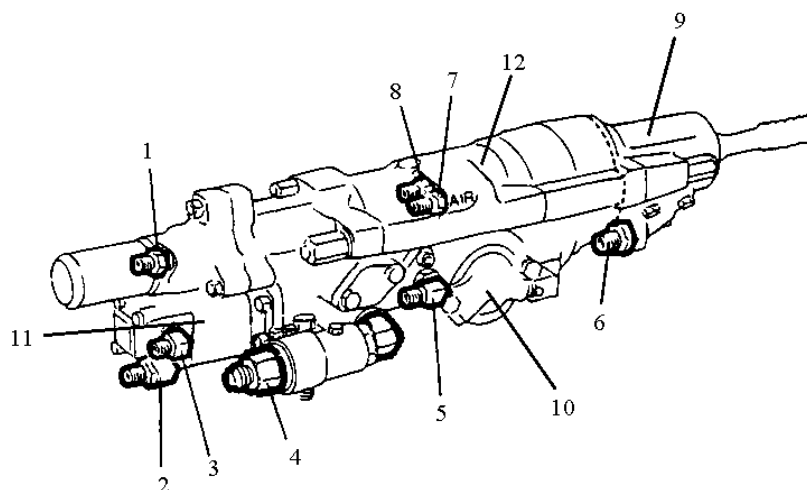
Податчик осуществляет подачу бурового инструмента на забой. На рисунке 15 представлена основные элементы податчика.



1 – электромагнитный датчик перемещения; 2 – передвижная тележка; 3 – перфоратор с независимым вращением бура; 4 – буровая штанга; 5 – оградительный щит; 6 – буровая коронка; 7 – направляющая рама; 8 – гидроцилиндр подачи

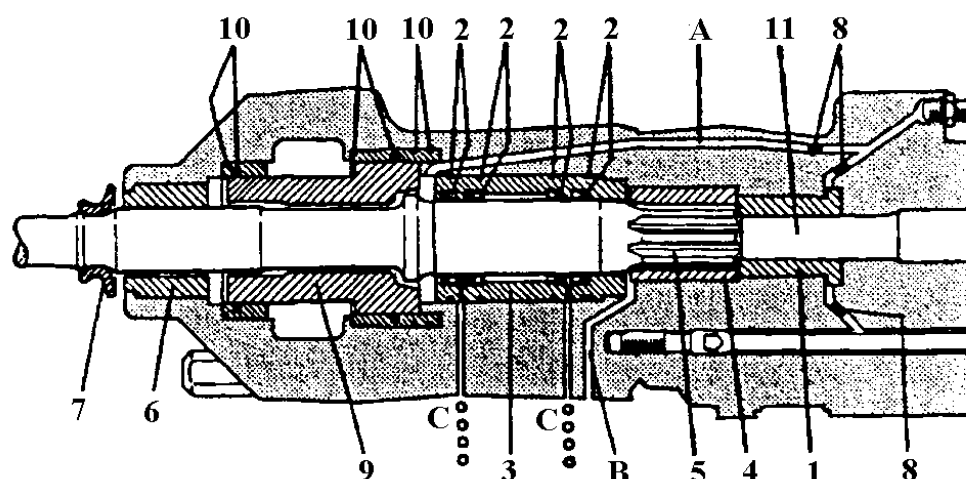
Рисунок 15 – Податчик

На буровой машине установлен перфоратор ударно-вращательного действия с независимым вращением бура. Он представляет собой гидравлическую поршневую машину ударного действия, которую постоянно крутит гидромотор. На рисунке 16 показаны основные узлы и соединительные муфты перфоратора, а на рисунке 17 показано строение перфоратора в разрезе.



1 – слив; 2 – левое вращение; 3 – правое вращение; 4 – ударный механизм, линия слива; 5 – ударный механизм, линия напора; 6 – промывка/продувка; 7 – смазочный воздух; 8 – демпфер, напорная линия; 9 – передняя головка; 10 – демпфер; 11 – гидромотор; 12 – корпус

Рисунок 16 – Основные узлы и соединительные муфты перфоратора



1 – ступица поворотной буксы; 2 – уплотнения системы промывки; 3 – промывочная головка; 4 – шлицы ведущей муфты; 5 – хвостовик; 6 – направляющая втулка передней головки; 7 – буровая манжета; 8 – дроссели; 9 – поршень экстрактора; 10 – уплотнительные кольца; 11 – ударная поверхность поршня; А – масляный канал; В – отверстие; С - отверстие

Рисунок 17 – Устройство перфоратора

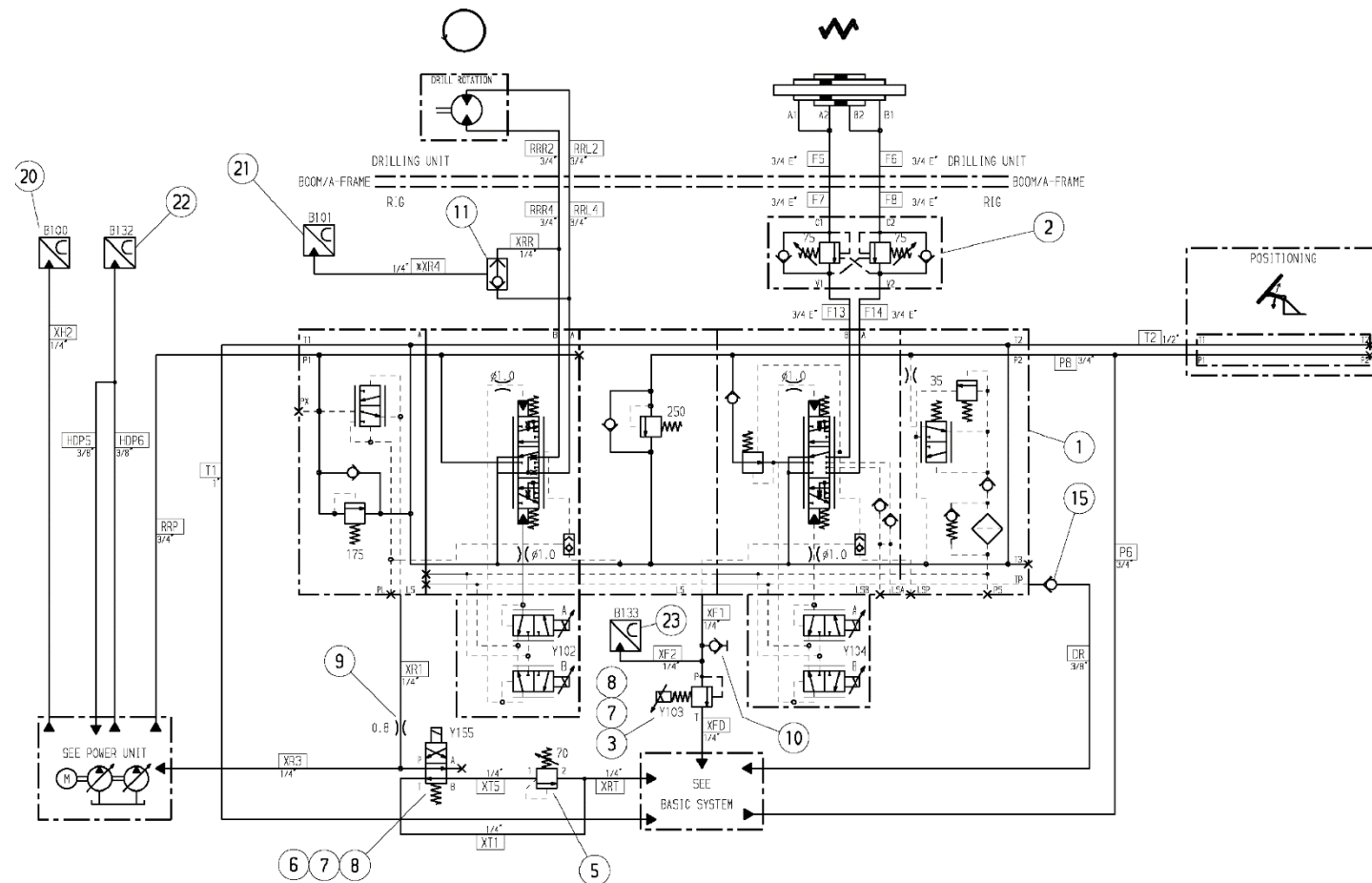
Технические характеристики перфоратора СОР 1838 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики перфоратора с независимым вращением бура СОР 1838

Масса, кг	170
Длина, мм	1008
Ширина, мм	251
Высота, мм	235
Высота до центра бурения, мм	88
Энергия удара, Дж	300
Ударная мощность, кВт	18
Частота ударов, Гц	60
Удельная мощность удара, $10^{-3}$ Дж/мм <sup>2</sup>	264 - 93
Рабочее давление, макс., бар	230
Скорость вращения, об/мин	0-210
Давление в контуре вращения, макс, бар	210
Крутящий момент, макс., Нм	1000
Давление промывочной воды, бар	5,5 - 25
Расход промывочной воды, л/сек	1,1
Расход воздуха на смазку, при 2 бар, л/сек .	5
Типоразмер хвостовика	P32, P38, T38

На рисунке 18 представлены основные датчики регистрации данных о бурении на гидравлической схеме.





1 – блок гидрозомка; 2 – гидравлический блок с направляющими клапанами; 3,5 – предохранительный клапан; 6,7,8 – четырех линейный, двухпозиционный распределитель, с электромагнитным управлением и пружинным возвратом; 9 – дроссель; 10 – соединительный штуцер; 11 – челночный клапан; 15 – обратный клапан; 20 – цифровой датчик давления ударного механизма; 21 – цифровой датчик давления вращения; 22 – цифровой датчик давления успокоителя; 23 – цифровой датчик давления подачи;

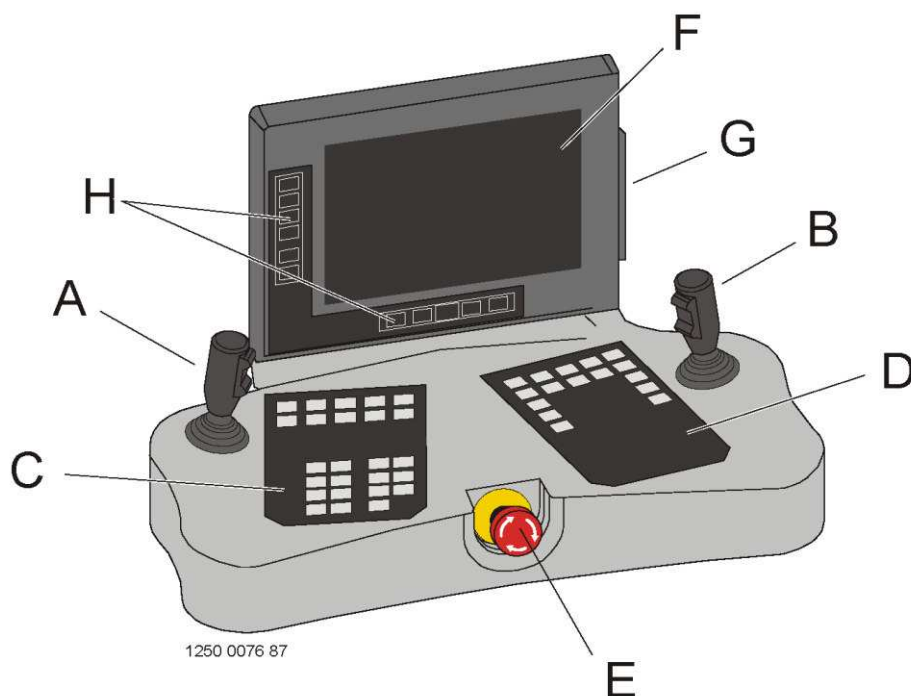
Рисунок 18 – Гидравлическая схема буровой машины Atlas Copco Simba M7 C

### 2.2.2 Система управления бурением

На панели оператора (рисунок 19) имеется дисплей и кнопочные пульта для осуществления связи между оператором и системой. На панели установлены два рычага, имеющие пять различных функциональных назначений:

- Манипулирование стрелой
- Позиционирование буровой головки
- Бурение и манипулирование буровыми штангами
- Управление упорами

С помощью кнопок на кнопочных пультах панели оператор может выбирать диапазон применения рычагов. На панели оператора имеется также кнопка аварийного останова.



А – рычаг для бурения, позиционирования и упоров; В – рычаг для манипулирования буровыми штангами и позиционирования; С – левый кнопочный пульт; D – правый кнопочный пульт; Е – кнопка аварийного останова; F – экран; G – порты для PC-карт; H – клавиши для навигации в системе меню

Рисунок 19 – Панель оператора

Рычаги на панели оператора выполняют разные функции в зависимости от сделанного выбора применения:

- Функции рычагов для манипулирования стрелой
- Функции рычагов для позиционирования податчика
- Функции рычагов для бурения

- Функции рычагов для манипулирования упорами

Рычаги на панели оператора работают по-разному в зависимости от сделанного выбора применения:

- Манипулирование стрелой
- Бурение и манипулирование буровыми штангами
- Позиционирование буровой головки
- Управление упорами

При подъеме и повороте стрелы (рисунок 20) используется правый рычаг без воздействия на перекидную кнопку.

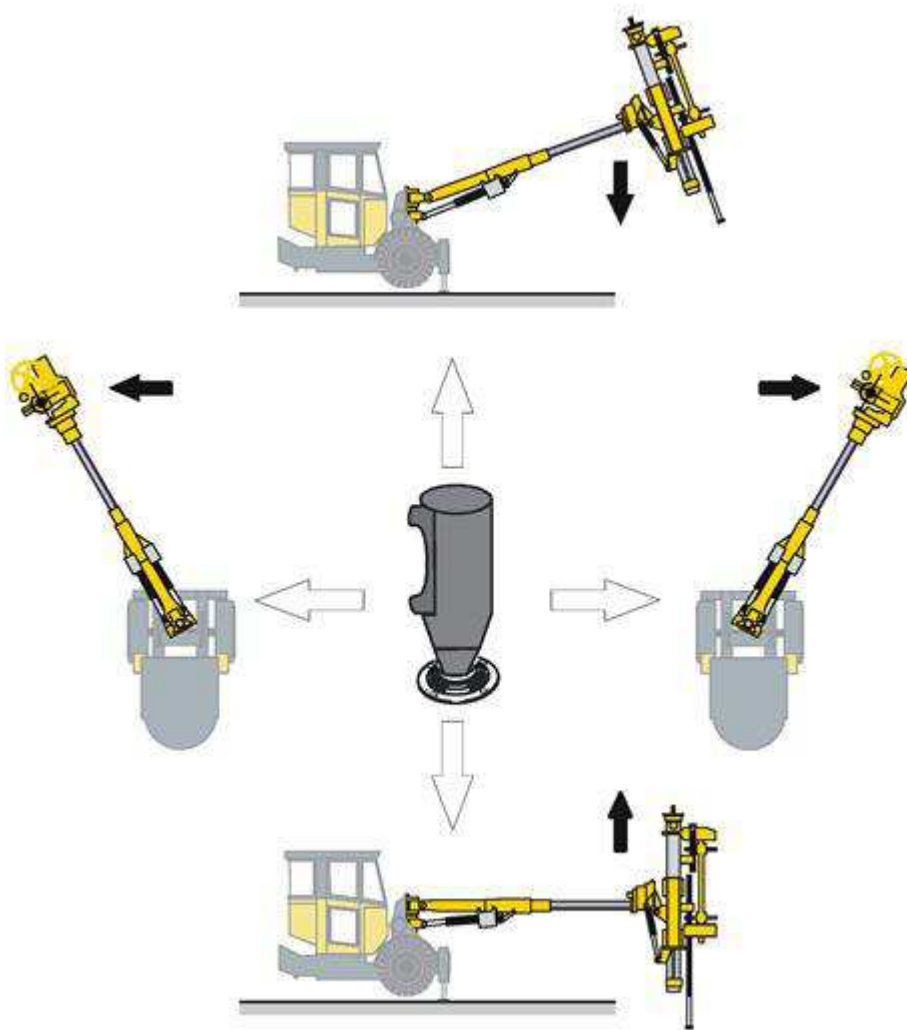


Рисунок 20 – Подъем и поворот буровой стрелы

При вращении позиционера и перемещении податчика (рисунок 21) используется левый рычаг без воздействия на перекидную кнопку.

Когда предстоит подвести позиционера к породе, используется перемещение податчика.

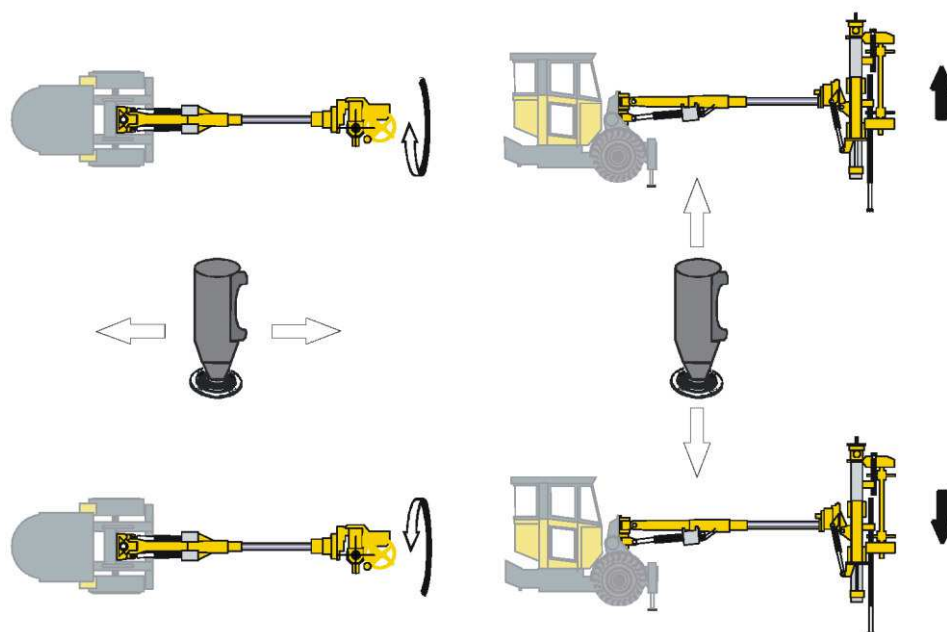


Рисунок 21 – Вращение и вынос позиционера

Для управления цилиндром наклона позиционера (рисунок 22) используется левый рычаг с кнопкой под большим пальцем в нажатом положении.

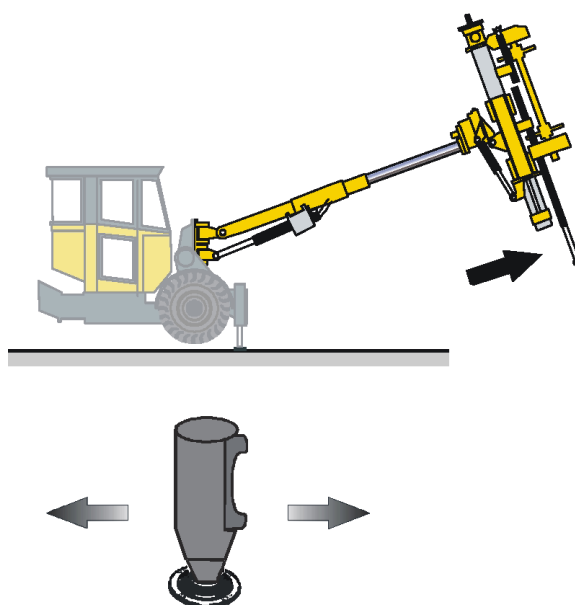


Рисунок 22 – Наклон позиционера

Для управления телескопическим механизмом стрелы (рисунок 23) используется левый рычаг с кнопкой под большим пальцем в нажатом положении.

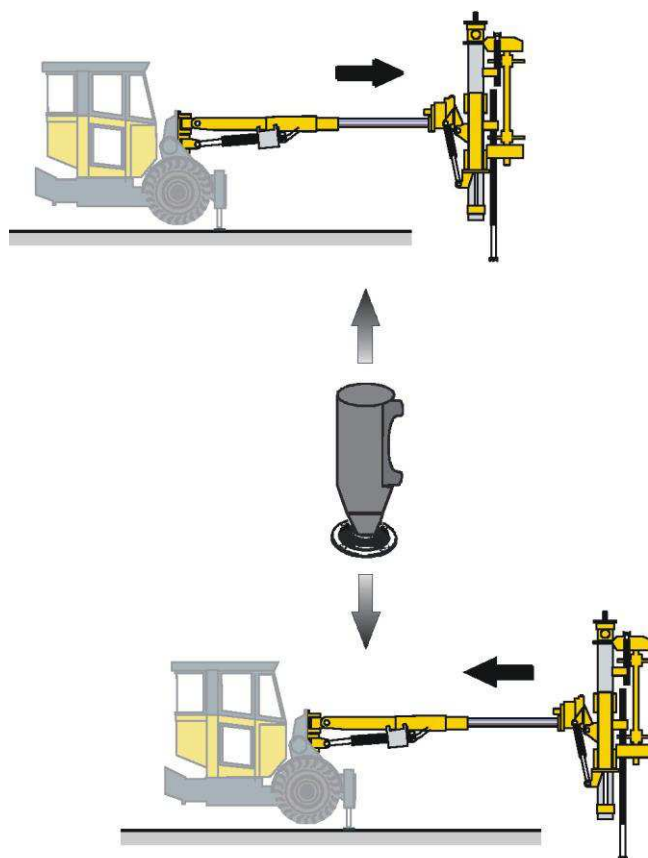


Рисунок 23 – Телескоп стрелы

Для предупреждения повреждения шлангов служат ограничители вращения позиционера (рисунок 24).

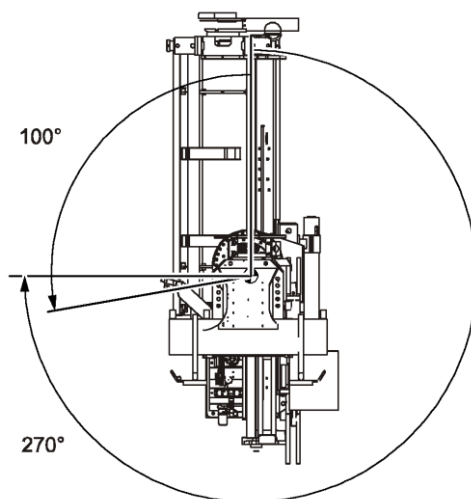


Рисунок 24 – Ограничители вращения позиционера

Левый рычаг используется для ввода/вывода упоров (рисунок 25). Перекидная кнопка на рычаге должна оставаться без воздействия.

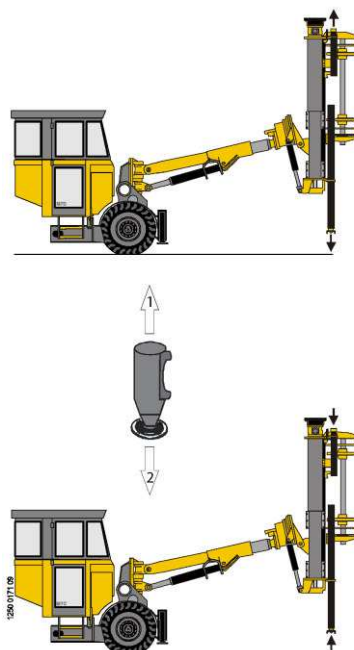


Рисунок 25 – Левый рычаг, перекидная кнопка без воздействия

Положение транспортировки (рисунок 26) обеспечивает самое безопасное движение по шахте.

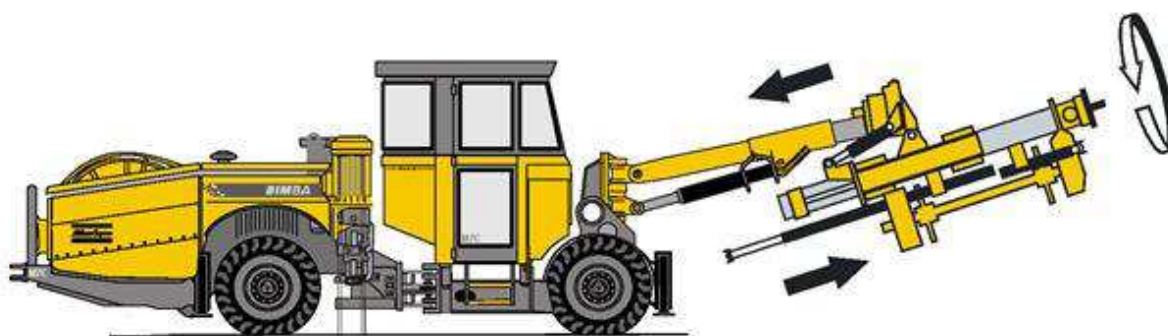


Рисунок 26 – Положение транспортировки установки

При выборе рабочей функции Бурение, левый рычаг на панели оператора служит в качестве рычага бурения. Это означает, что он используется для управления гидроперфоратором (вращение, ударный механизм и др.) и открывающимся люнетом.

Переводом рычага бурения в разные позиции или секторы осуществляется выполнение различных функций гидроперфоратора и люнета. Некоторые из этих функций можно "зафиксировать". Это означает, что их выполнение продолжается даже, если отпустить рычаг.

Перекидная кнопка под большим пальцем руки на рычаге имеет разные функции в зависимости от того, в каком секторе находится рычаг (рисунок 27).

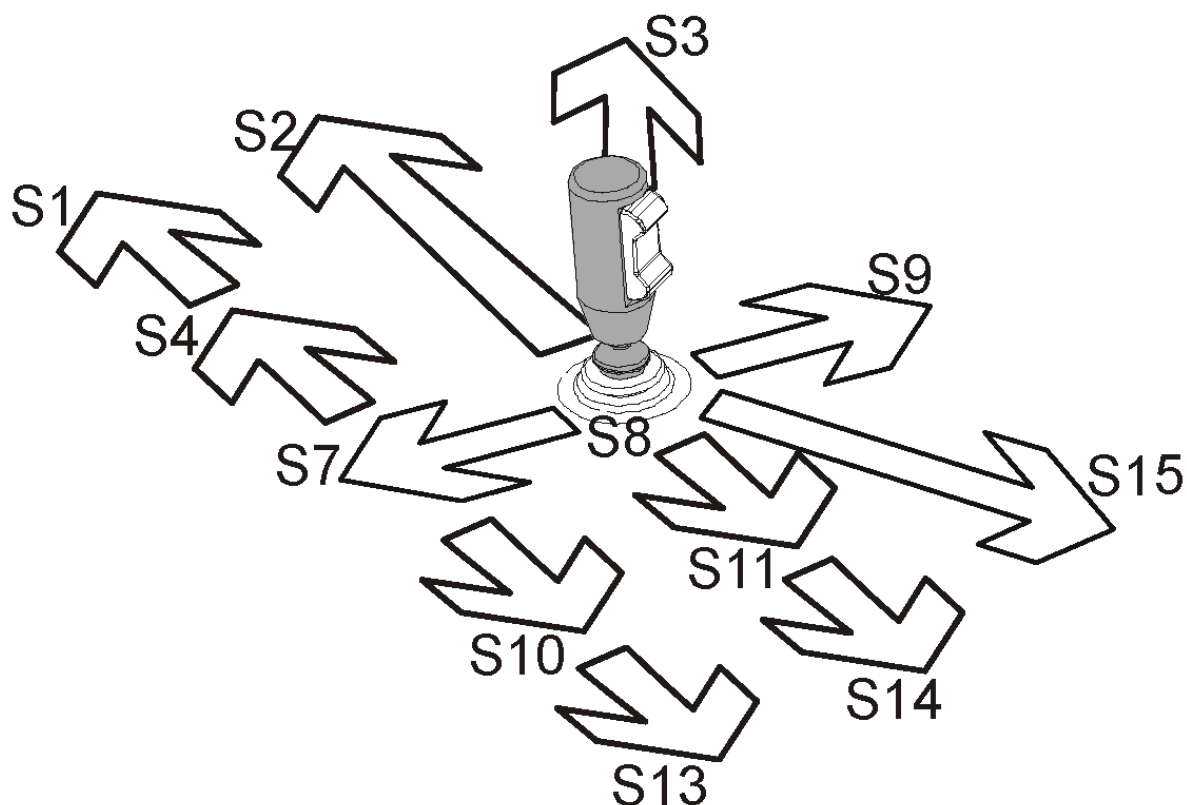


Рисунок 27 – Секторы рычага бурения

*Нейтральное положение – сектор S8*

Сектор (S8) служит нейтральным положением. Когда рычаг переводится в это положение, прекращается выполнение всех функций, активированных в других секторах рычага, если они не "зафиксированы".

При нахождении рычага в нейтральном положении прекращение выполнения "зафиксированных" функций достигается нажатием на перекидную кнопку под большим пальцем руки на рычаге.

Удержанием этой кнопки в нажатом состоянии приводится в действие свинчивание или развинчивание буровых штанг:

- Верхний край перекидной кнопки на рычаге = свинчивание
- Нижний край перекидной кнопки на рычаге = развинчивание

*Вращение и промывка – сектор S7*

В этом секторе осуществляется вращение и промывка. "Фиксирование" функции происходит, если удерживать рычаг в этом секторе в течение примерно 0,5 с. "Фиксирования" не происходит, если удерживать один из краев перекидной кнопки под большим пальцем руки в нажатом положении.

Если магазин для штанг имеет направление вращения, соответствующее "Бурению", система автоматически регистрирует давление вращения в холостом режиме, когда рычаг переводится в сектор S7 и удерживается в нем в течение 2 секунд. Если удерживать большим пальцем руки один из краев перекидной кнопки на рычаге в нажатом положении, система не считывает давления вращения.

Регистрируемое давление вращения в холостом режиме можно снять по манометру для давления вращения слева в меню Бурение. Давление отмечается символом на краней кромке и первое на шкале.

#### *Забуривание и бурение – секторы S4 и S1*

В секторе (S4) обеспечивается вращение, промывка, подача вперед и малое давления ударного механизма, т. е. забуривание. Регулирование скорости подачи производится рычагом – большее воздействие на рычаг дает более высокую скорость подачи.

По мере перевода рычага из сектора (S4) в сектор (S1) постепенно увеличиваются давление ударного механизма и давление подачи до режима бурения с большим давлением ударного механизма и большей подачей.

Если кнопку (10) на левом кнопочном пульте нажать до начала забуривания, произойдет "фиксирование" процесса бурения с пониженным давлением, даже когда рычаг переводится в сектор (S1).\_\_

#### *Подача назад и вращение – секторы S10 и S13*

Функция в секторе (S10) зависит от направления вращения магазина для штанг.

- Если магазин имеет направление вращения "Бурение", в данном секторе достигается подача назад и вращение. Эти функции аннулируются, когда гидроперфоратор достигнет заднего конечного положения.

- Если магазин имеет направление вращения "Разборка", включаются подача назад и вращение. Гидроперфоратор отводится назад настолько, что соединение между двумя штангами оказывается в люнете (позиция M5). По достижении гидроперфоратором этой позиции прекращаются вращение и подача назад. Если же гидроперфоратор уже находится дальше сзади на податчике, движения подачи не возникает. Если выбрана автоматическая промывка, обеспечивается также промывка водой или водовоздушной смесью.

В обоих случаях регулирование скорости подачи производится рычагом – большее воздействие на рычаг дает более высокую скорость подачи.

Функции в секторе (S13) такие же, как и в секторе (S10), но с той разницей, что они будут "зафиксированы".

#### *Подача вперед – сектор S2*



В этом секторе обеспечивается подача вперед. Регулирование скорости подачи производится рычагом – большее воздействие на рычаг дает более высокую скорость подачи.

Если нажать большим пальцем верхний край перекидной кнопки на рычаге, движение подачи прекратится и начнется свинчивание буровых штанг.

Если нажать большим пальцем нижний край перекидной кнопки на рычаге, движение подачи прекратится и начнется развинчивание буровых штанг.

#### *Подача назад – секторы S11 и S14*

Функция в этих секторах зависит от направления вращения магазина для штанг.

Если магазин имеет направление вращения, соответствующее "Бурению", достигается подача назад в обоих секторах. Регулирование скорости подачи производится рычагом – большее воздействие на рычаг дает более высокую скорость подачи.

Если магазин имеет направление вращения "Разборка", в секторе (S11) достигается подача назад до нахождения соединения двух штанг в люнете (позиция M5). "Фиксация" функции происходит в секторе (S14).

#### *Промывка – сектор S9*

При условии, что выбран какой-либо тип промывки, в этом секторе обеспечивается промывка водой или водовоздушной смесью. "Фиксация" функции происходит автоматически и немедленно.

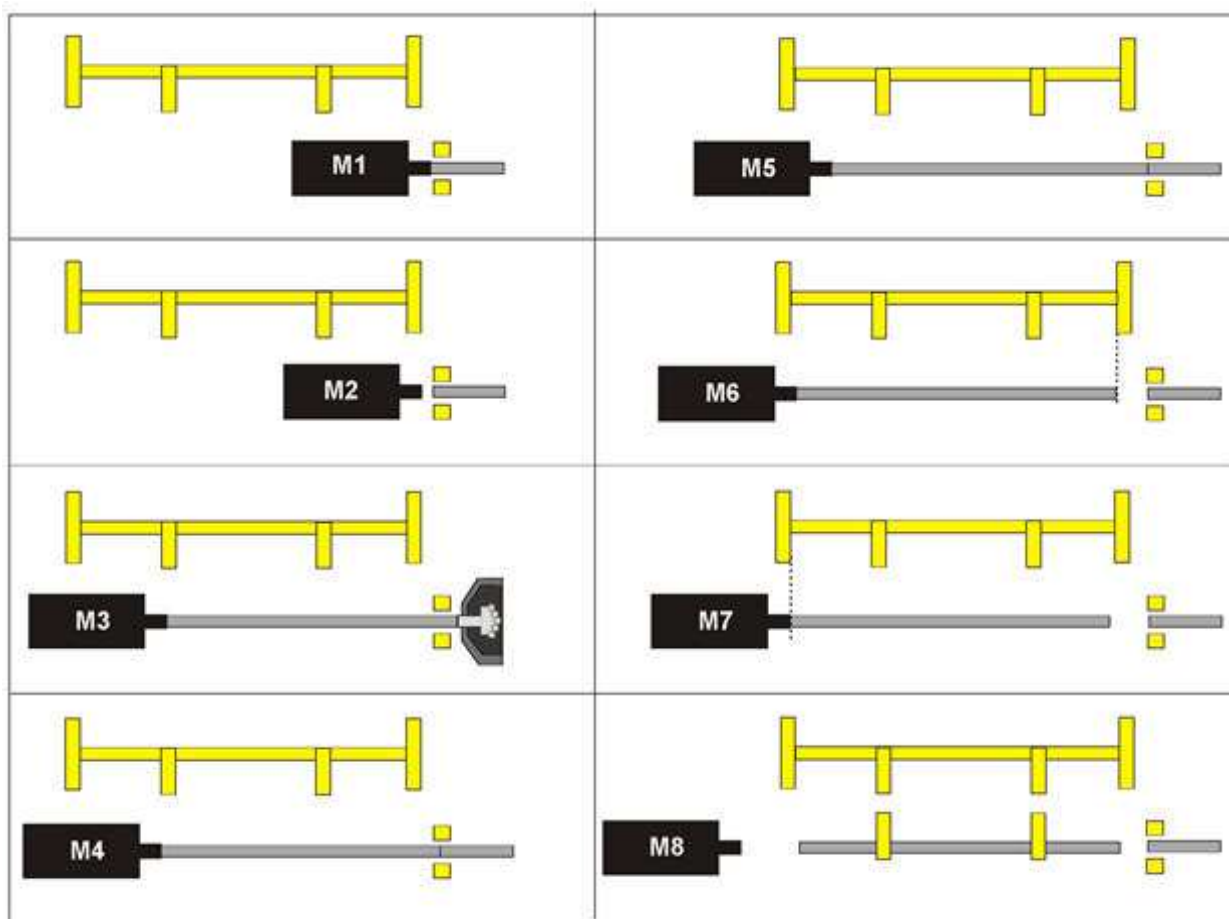
#### *Заккрыть люнет – сектор S3*

В этом секторе обеспечивается закрытие люнета.

#### *Открыть люнет – сектор S15*

В этом секторе обеспечивается открытие люнета.

При автоматическом бурении одной скважины система RHS использует ряд различных позиций салазок (рисунок 28) в качестве точек отсчета. Эти позиции дают системе указания относительно начала или прекращения выполнения различных функций которые указаны в таблице 9, как например, бурения, ускоренной подачи, работы с резьбой и т. д.



М1 – соединение переходник-труба в люнете М2 – соединение переходник-труба развинчено М3 – буровая коронка в шламоотводе М4 – манипуляторы свободны от перфоратора М5 – соединение труба-труба в люнете М6 – труба у переднего торца магазина М7 – труба у заднего торца магазина М8 – заднее конечное положение

Рисунок 28 – Позиции салазок

Таблица 9 – Позиции салазок

Позиция салазок	Функция при автоматическом бурении	Функция при автоматической разборке става
М1	Бурение закончено. Можно начать последовательность соединений.	Свинчивание соединения переходник- труба закончено. Ускоренная подача назад.
М2	Развинчивание соединения переходник- труба закончено. Ускоренная подача назад.	Готов для свинчивания соединения переходник-труба.
М3	Никакой функции	Буровая головка готова для позиционирования к следующему шпуру.

Окончание таблицы – 9

Позиция салазок	Функция при автоматическом бурении	Функция при автоматической разборке става
М4	Перфоратор/вращатель прошли манипуляторы. Манипуляторы из положения стоянки к магазину. Свинчивание соединения переходник- труба не удалось. Останавливает автоматику при неудавшемся свинчивании переходника с трубой.	Перфоратор/вращатель прошли манипуляторы! Манипуляторы из положения стоянки к центру бурения.
М5	Свинчивание соединения труба-труба закончено. Последовательность соединений выполнена и бурение можно начать.	Соединение труба-труба правильно расположено в люнете. Можно начать выбивание/разъединение и развинчивание.
М6	Никакой функции	Развинчивание соединения труба-труба закончено. Захваты берут трубу.
М7	Свинчивание соединения переходник- труба закончено. Зажимы в позиции управления. Свинчивание соединения труба-труба можно начать.	Никакой функции
М8	Манипуляторы из магазина к центру бурения.	Манипуляторы из центра бурения к магазину.

Под последовательностью соединений понимается та часть процесса автоматического бурения, которая состоит в подсоединении новых труб. Ниже приводятся различные операции, входящие в автоматическую последовательность соединений (рисунок 29).

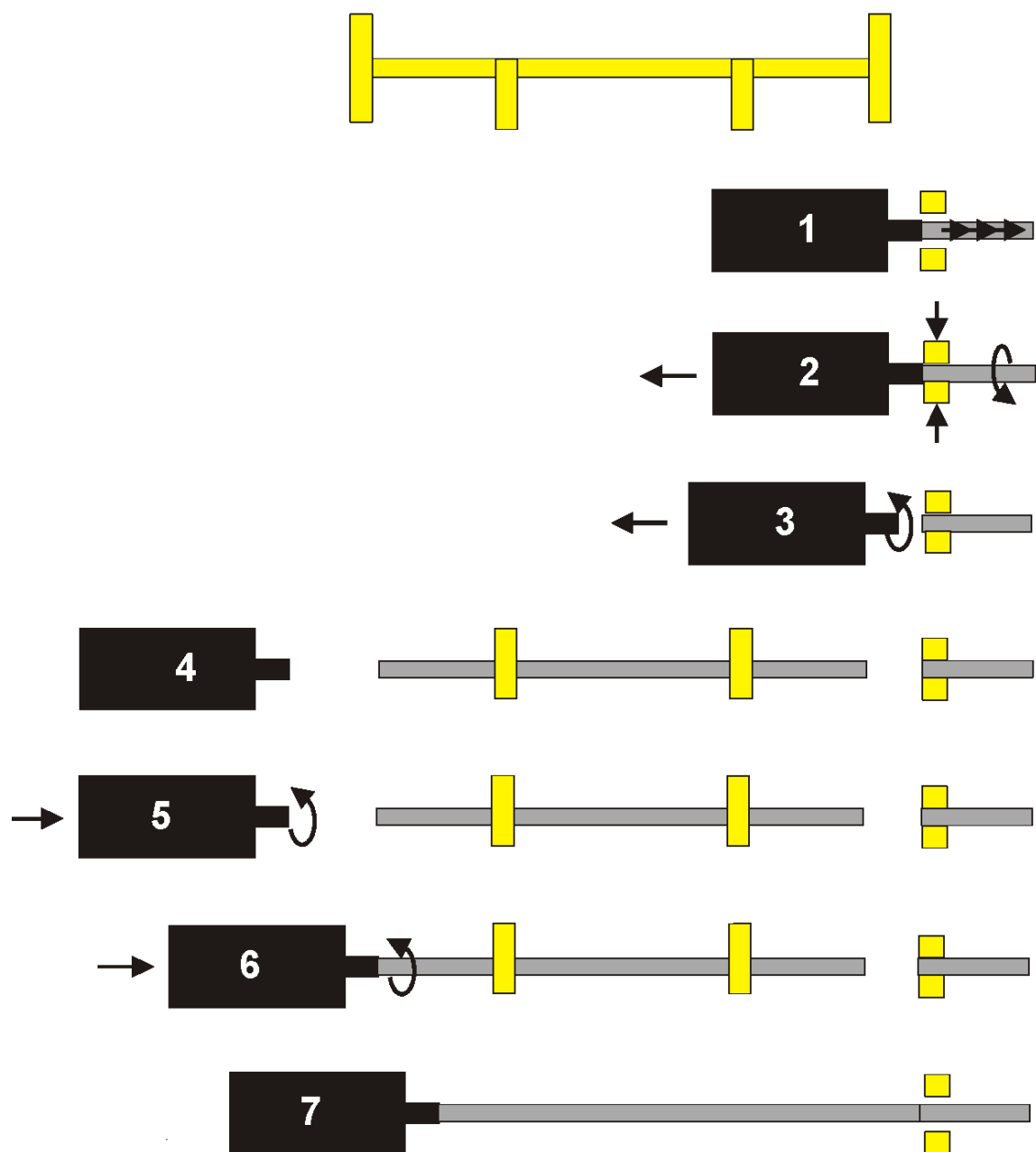


Рисунок 29 – Автоматическая последовательность наращивания бурового става

- Когда труба полностью вошла в сквжину и соединение переходника с трубой правильно расположено в люнете (позиция салазок M1), имеет место ослабление резьбы, чтобы разъединить переходник и трубу.

- Люнет закрывается и перфоратор отводится назад с вращением для развинчивания до позиции салазок M2.

Если развинчивание не удастся, производится вторая попытка ослабить резьбу, т. е. последовательность соединений повторяется с операции 1 .

- Перфоратор отходит в свое заднее крайнее положение (позиция салазок M8).

Когда перфоратор, двигаясь назад, пройдет манипуляторы (позиция салазок М4), манипуляторы переместятся к магазину и заберут трубу.

- Когда перфоратор достигнет заднего конечного положения, манипуляторы отводятся в центр бурения.

- Перфоратор подается вперед с вращением для свинчивания.

В позиции салазок М7 захваты принимают положение управления и перфоратор подается вперед с вращением для свинчивания и промывки.

- Когда перфоратор достигнет позиции салазок М5, прекращается выполнение всех функций, кроме промывки. На этом последовательность соединений заканчивается и бурение может быть начато.

- Манипуляторы открываются и переходят в положение стоянки. Люнет открывается и производится подача перфоратора назад так, чтобы коронка вышла из породы. Начинается вращение и происходит считывание давления вращения в холостом режиме. Бурение начинается с забуривания, а затем осуществляется полнорежимное бурение до достижения штангой позиции готового шпура и положения М1. Эта последовательность начинается вновь с 1.

Когда шпур пробурен и последнее ослабление резьбовых соединений выполнено, начинается последовательность разборки. Ниже приводятся различные операции, входящие в автоматическую последовательность разборки (рисунок 30).

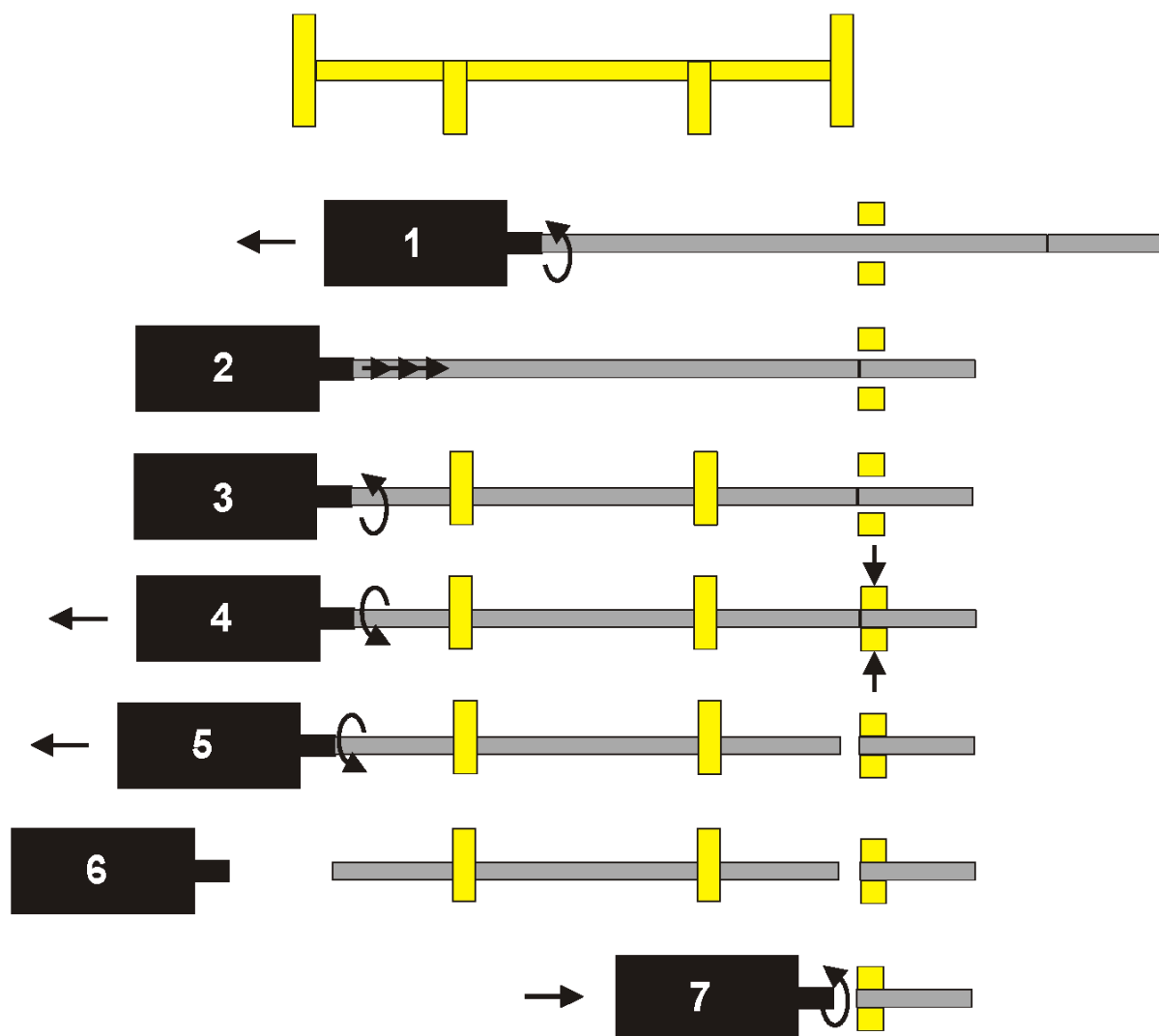


Рисунок 30 – Автоматическая последовательность разборки става

- Перфоратор отводится назад. Когда он пройдет мимо манипуляторов (позиция салазок М4), манипуляторы выводятся к центру бурения.

Когда соединение труба-труба правильно расположено в люнете (позиция салазок М5), включается ударный механизм для ослабления резьбовых соединений.

- Захваты зажимают трубу, а перфоратор вращается для затяжки соединения переходник-труба.
- Зажаты устанавливаются в положение управления, а люнет закрывается. Развинчивание соединения труба-труба продолжается до позиции салазок М6.
- Зажаты закрываются и перфоратор производит контроль, нужно ли соединения разъединено. Развинчивание соединения переходник-труба. (Перфоратор в позицию салазок М8).

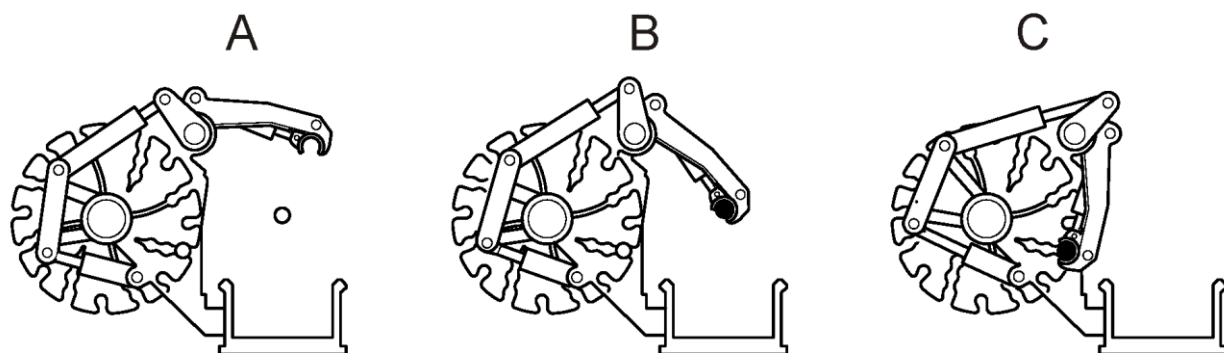
- Манипуляторы переносят отвинченную трубу в магазин. После этого манипуляторы переходят в остановочное положение и магазин поворачивается до следующей ячейки.

- Перфоратор подается вперед для свинчивания следующей трубы (позиция салазок М2).

Если есть еще трубы, подлежащие разборке, последовательность повторяется, начиная с пункта 1.

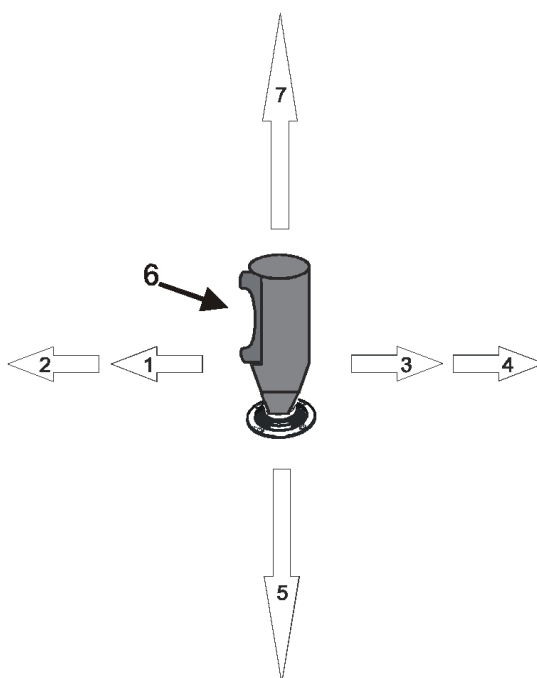
Когда выбрана функция рычага Бурение, правый рычаг на панели оператора служит рычагом манипулирования буровыми штангами (рисунок 32). Это означает, что этот рычаг используется для управления манипуляторами и захватами. На рисунке 31 показано положение манипулятора.

Манипуляторы могут иметь одно из трех положений.



А – манипуляторы в стояночном положении; В – манипуляторы в положении для центра бурения; С – манипулятор в положении в магазине.

Рисунок 31 – Положения манипулятора, оборудование манипулирования буровыми штангами



### Рисунок 32 – Рычаг манипулирования штангами

1. Манипуляторы из стояночного положения в центр бурения
2. Манипуляторы из центра бурения к накопителю
3. Манипулятор из накопителя к центру бурения
4. Манипулятор из центра бурения в стояночное положение
5. Открыть захваты манипуляторов
6. Закрыть захваты / установишь захваты в направляющую позицию
7. Включить ударный механизм для выполнения развинчивания

Перекидная кнопка (6) под большим пальцем руки на рычаге используется следующим образом. Короткое нажатие (на одну из сторон кнопки) закрывает захваты

Если удерживать одну из сторон перекидной кнопки большим пальцем в нажатом положении, захваты продолжают оставаться в направляющей позиции

Система управления позволяет регистрировать всевозможные параметры для разных целей. Некоторые функции регистрации входят в стандартную комплектацию буровой установки, в то время как другие служат дополнительной комплектацией.

Регистрация статистических данных является стандартной функцией и означает регистрацию часов наработки электродвигателя и ударного механизма, а также накопленной длины шпуров. Журналы событий и поиска неисправностей представляются полезными средствами при поиске неисправностей.

Журнал техобслуживания является дополнительной комплектацией и позволяет регистрировать температуру гидравлического масла, давления масла в системе смазки, давление ударного механизма и т. д.

Кроме этого дополнительно предлагается журнал системы каротажа во время бурения MWD (Measure While Drilling) для более детальной регистрации параметров бурения.

Система каротажа во время бурения MWD (Measure While Drilling) является дополнительной опцией, которая в свою очередь требует, чтобы буровая установка была оснащена средствами измерения глубины шпура.

Система MWD служит для ведения журнала, в котором регистрируются значения параметров бурения в процессе его выполнения. Эти данные хранятся в регистрационных файлах, которые можно проанализировать на обычном персональном компьютере.

В меню MWD (рисунок 33) имеется окошко для приведения в активное/неактивное состояние функции ведения журнала MWD. 1 - активное, 0 - неактивное.



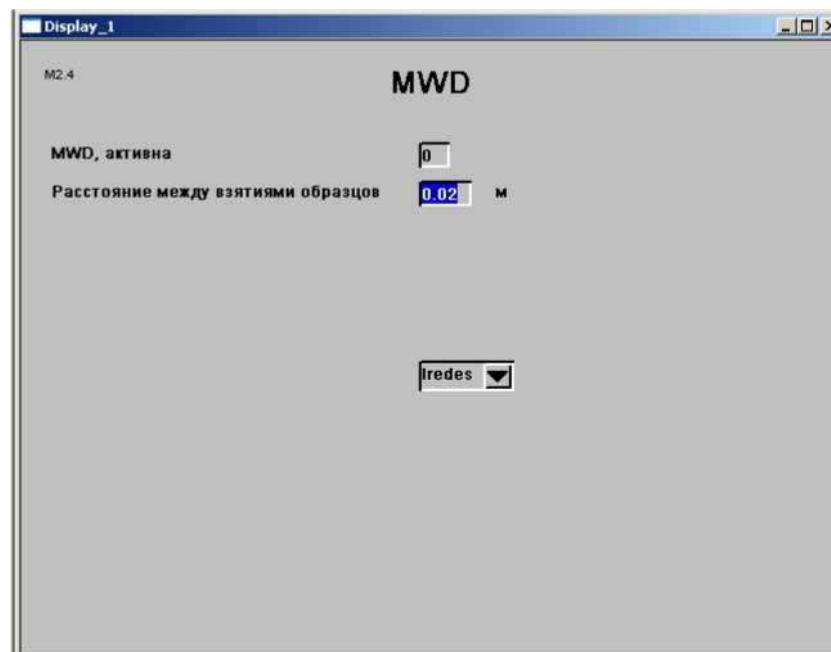


Рисунок 33 – Меню Ведение журнала, MWD

Определите интервал регистрации в журнале по своему усмотрению, изменив для этого величину в окошке Расстояние между взятиями образцов.

На самом верху справа в меню указывается назначение файла журнала MWD. DISP для хранения в ЗУ PC-карты и CCI для хранения в ЗУ модуля CCI.

Дисплей с устройством считывания карты (рисунок 34) находится в кабине управления. Установите PC-карту в картодержатель прикладного модуля (D100), если журнал подлежит хранению на PC-карте.

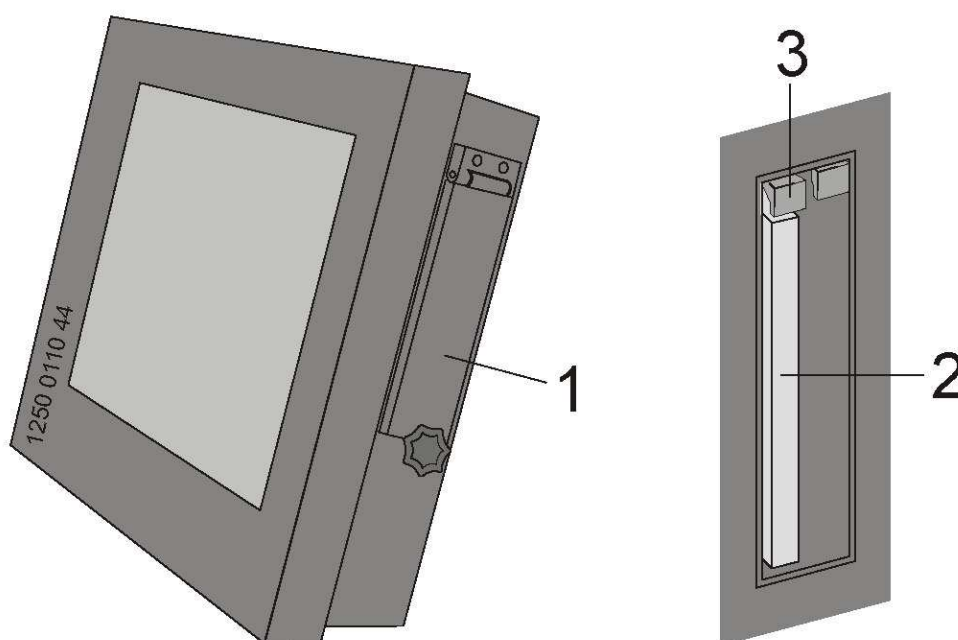


Рисунок 34 – Дисплей с устройством считывания карты

1. Откройте крышку устройства считывания карты (1).
2. Введите РС-карту в переднее гнездо (2) считывающего устройства.
3. Для того чтобы сохранить параметры на пустой РС-карте, выделите окошко справа от Сохранить параметры и нажмите на кнопку ENTER.
4. Для того чтобы считать параметры в систему, выделите окошко справа от Загрузить параметры и нажмите на кнопку ENTER.
5. Когда на экран будет выведено сообщение о том, что операция выполнена, выньте РС-карту, нажав для этого на кнопку (3).
6. Закройте крышку устройства считывания карты (1).

Данные о бурении, которые можно регистрировать в журнале:

- глубина шпура или скважины
- скорость бурения
- давление успокоителя
- давление податчика
- давления ударного механизма
- давление промывки (воды или воздуха)
- продолжительность времени бурения
- углы наклона шпура или скважины
- время начала и остановки

Каждый новый пробуриваемый шпур получает собственный журнал при условии, что для каждого шпура производится установка глубины на ноль.

Регистрационные файлы автоматически сохраняются на РС-карте. Если в устройстве считывания карт нет РС-карты во время включения системы MWD, на экран дисплея выводится сообщение.

#### *Система управления буровой установкой RCS*

RCS (Rig Control System) является системой управления и непрерывного контроля выполнения как операций бурения, так и других функций буровой установки. В основе этой системы лежит принцип сети управления шины CAN (Controller Area Network). В таблице 10 представлено представление характеристики системы управления, RCS.

Таблица 10 – Характеристики компьютерной системы управления буровой установкой, RCS

Электронная панель управления	Настраивается на цветном дисплее
Настройки передачи данных и резервирования	USB
Настройки бурения (до 5 различных долот)	Да
Прибор для считывания значений угла	Да
Встроенная система диагностики	Да
Аккумулятор для электронной системы	Да
Панель управления, установленная на тележке или под кожух	Да

На нижеследующей схеме приведен пример того, как может выглядеть система управления (рисунок 35). Число электронных модулей в установках может разным в зависимости от дополнительной комплектации этих установок.

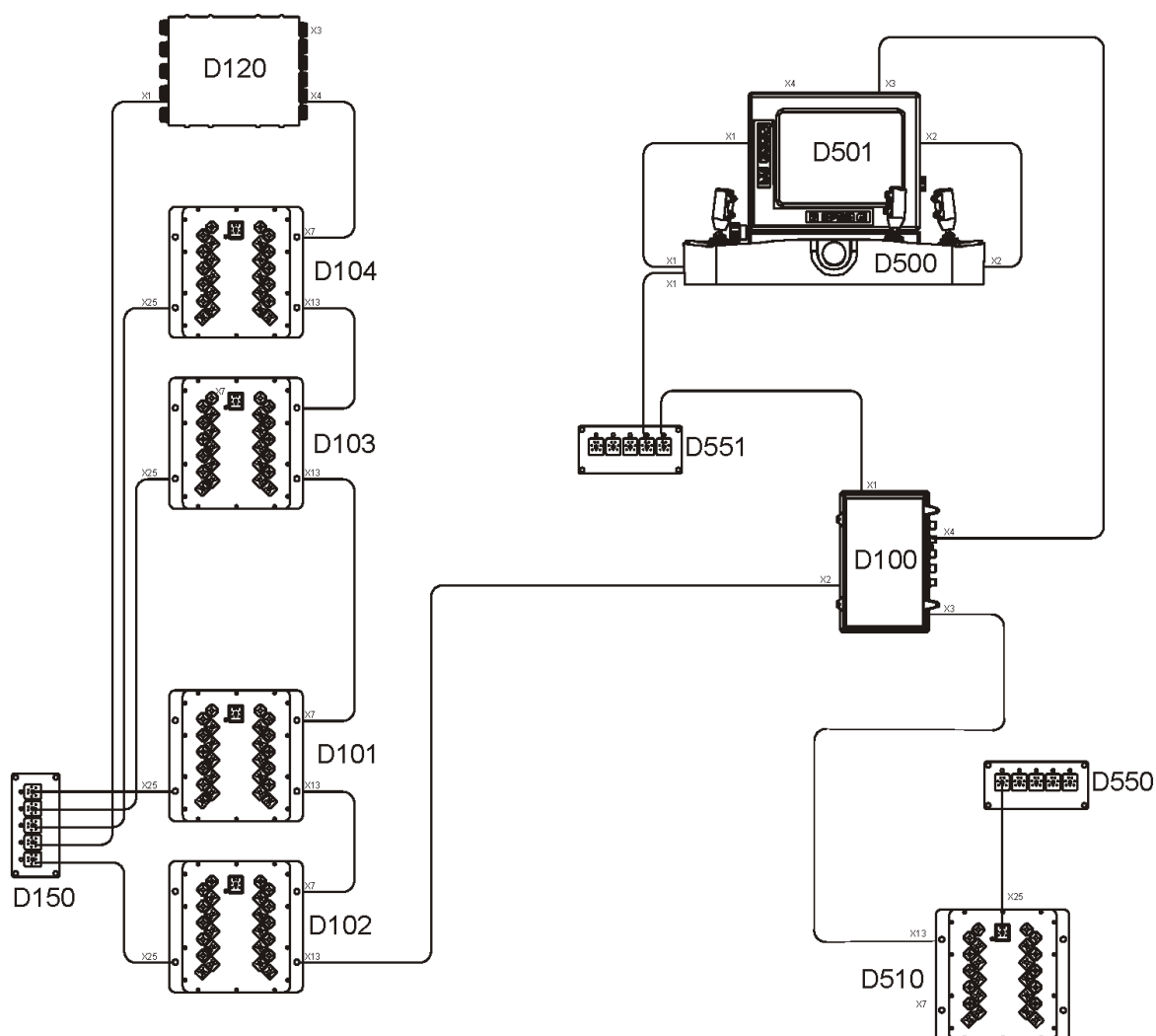


Рисунок 35 – Система управления буровой установкой RCS

Система управления буровой установкой RCS состоит:

- Панель оператора: D500 и D501
- Прикладной модуль: D100
- Модули входа/выхода: D101, D102, D103, D104 и D510
- Счетно-решающий модуль: D120
- Блоки предохранителей: D150, D550 и D551

Панель оператора (установка может иметь одну или две панели оператора) представляет собой главный компьютер, управляющий потоком информации в прикладной модуль (рисунок 36). Последний обрабатывает и распределяет информацию из панели оператора, модулей входа/выхода и счетно-решающего модуля и выдает соответствующие данные в модули входа/выхода. Модули входа/выхода (рисунок 37) управляют выдачей нужного сигнала в соответствующий клапан для обеспечения выполнения требуемого перемещения или функции. Одновременно они принимают информацию из различных датчиков, например, датчиков давления и расхода. Счетно-решающий модуль служит для преобразования информации из датчиков угла и длины в форму, позволяющую ее обработку прикладным модулем.

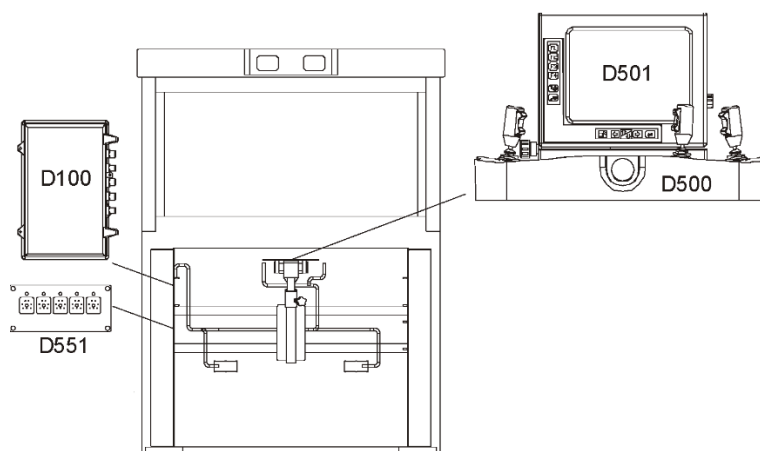


Рисунок 36 – Панель оператора и прикладной модуль

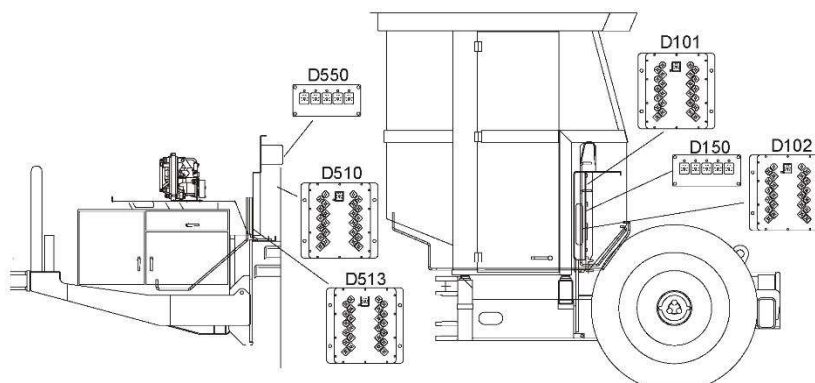


Рисунок 37 – Модули ввода/вывода

Меню бурения (рисунок 38) выводится на дисплей, расположенный в кабине управления. Все символы меню бурения указаны в таблице 11.

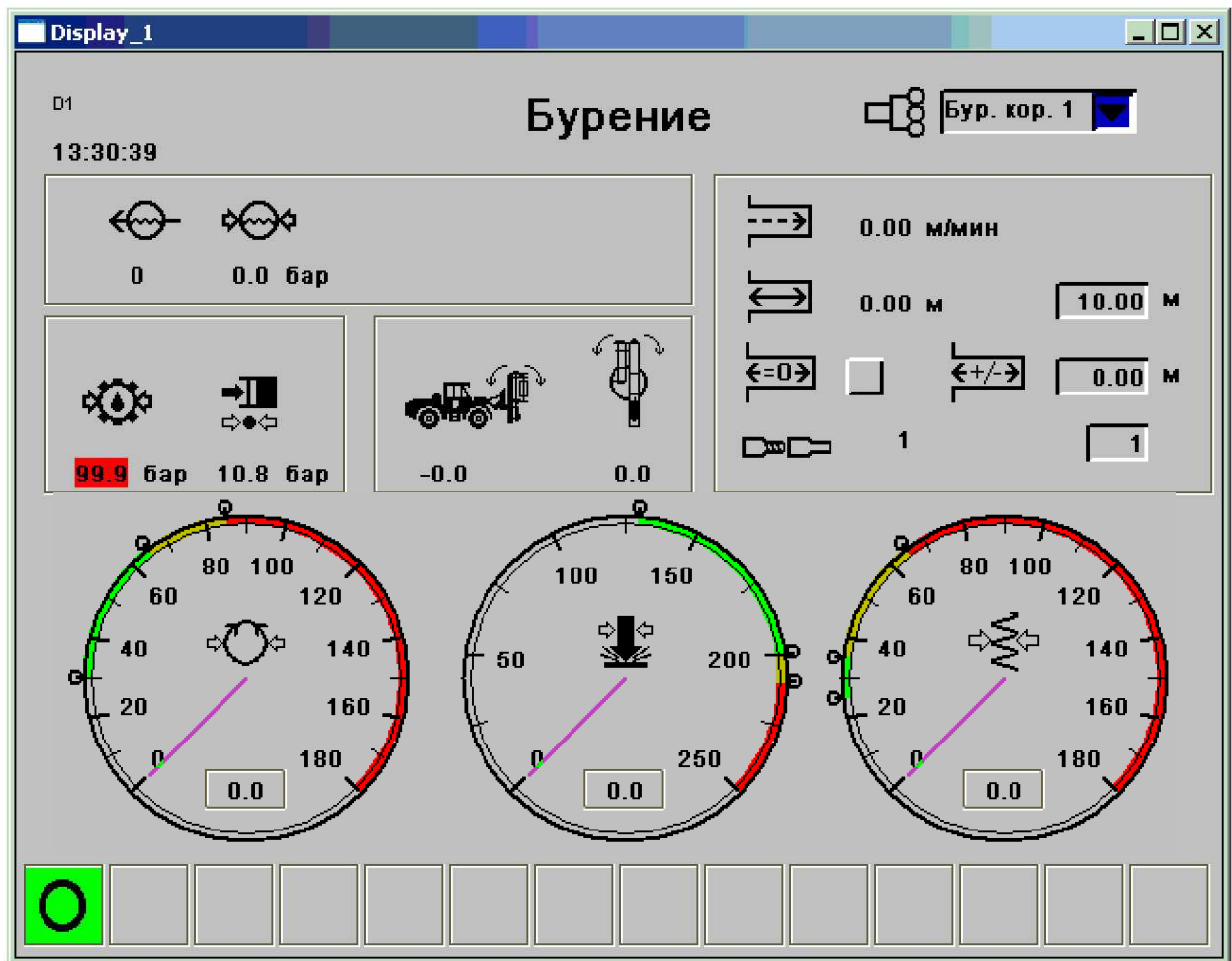


Рисунок 38 – Меню Бурение












Манометр находящийся по середине показывает давления ударного механизма. Левый манометр, показывающий давление вращения, разделен на секторы разных цветов. В начале каждого сектора есть отметка.

- Первая отметка на шкале показывает считанное давление вращения в холостом режиме. В пределах зеленого сектора происходит регулирование давления подачи.
- Когда давление достигает второй отметки, происходит максимальное активирование системы RPCF. При бурении в нормальных условиях давление должно находиться на этой отметке или непосредственно под ней.
- Около третьей отметки вступает в действие защита от заклинивания.

Правый манометр, показывающий давление подачи также разделен на секторы. В начале каждого сектора есть отметка.

- Первая отметка указывает, при каком давлении подачи система управления считает, что имеет место контакт с породой.
- Вторая отметка соответствует давлению подачи при забуливании.
- Третья отметка соответствует давлению подачи при бурении.

Таблица 11 – Символы

Символ	Описание	Символ	Описание
	Буровая коронка. Здесь на выбор предлагаются буровые коронки до 5 разных типов. Выбрав тип коронки, Вы автоматически получаете правильные настройки на нужные давление и расход.		Датчик расхода воды (вкл./ выкл.)
	Давление воды (бар)		Скорость бурения (м/мин)
	Давление вращения (бар)		Давление масла для смазки бурильной машины (бар)
	Давление ударного механизма (бар)		Давление успокоителя бурильной машины (бар)
	Давление подачи (бар)		Заданная длина шпура (в метрах)
	Замеренная длина шпура (в метрах)		

В меню Бурение имеется поле для индикации углов (рисунок 39). Левое изображение в этом поле символизирует угол наклона позиционера (угол отклонения), а правое – угол поворота позиционера.

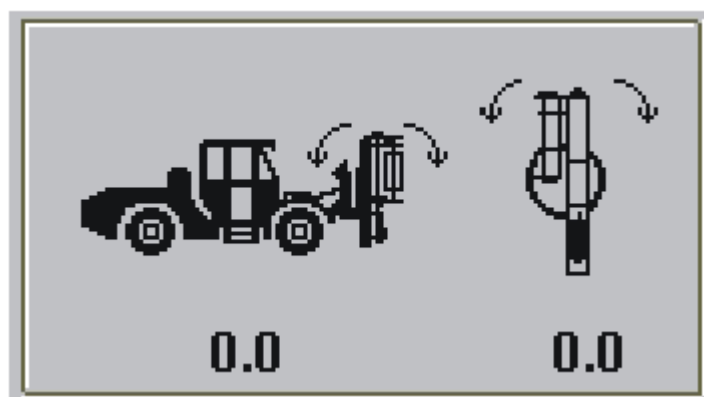


Рисунок 39 – Поле для индикации углов

Та же информация выводится в меню индикация угла (рисунок 40). Здесь указывается также горизонтальный угол податчика, расстояние и величина бокового перемещения.

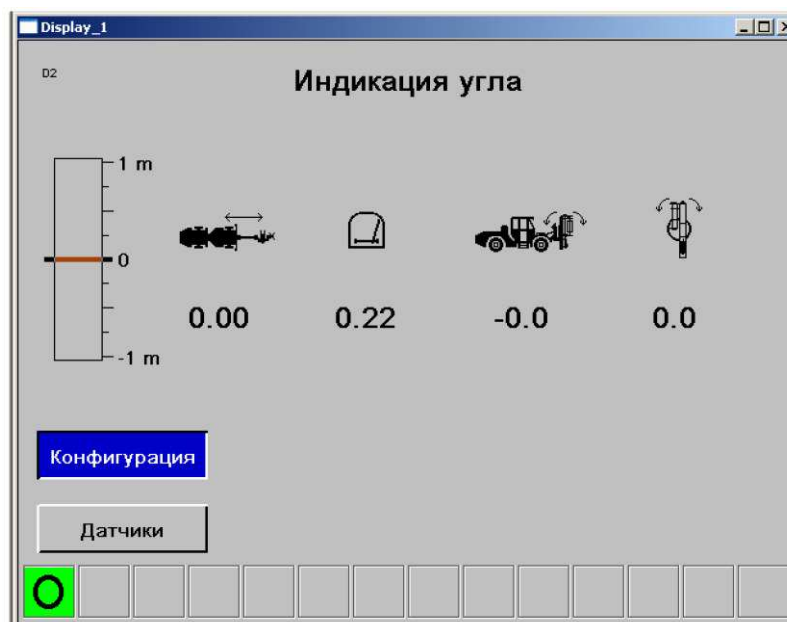


Рисунок 40 – Меню Индикация углов

Предлагаемая в качестве дополнительной комплектации функция Работа с планом бурения (рисунок 41) позволяет выполнять процесс бурения скважины автоматически по заранее определенной схеме расположения шпуров. Когда оператор установит буровую установку, считывает план бурения и вручную осуществит позиционирование на первый шпур, автоматическое бурение может быть начато. Ручное позиционирование необходимо для каждого отдельного шпура согласно плану бурения. Очень существенной при этом оказывается помощь программы по позиционированию.

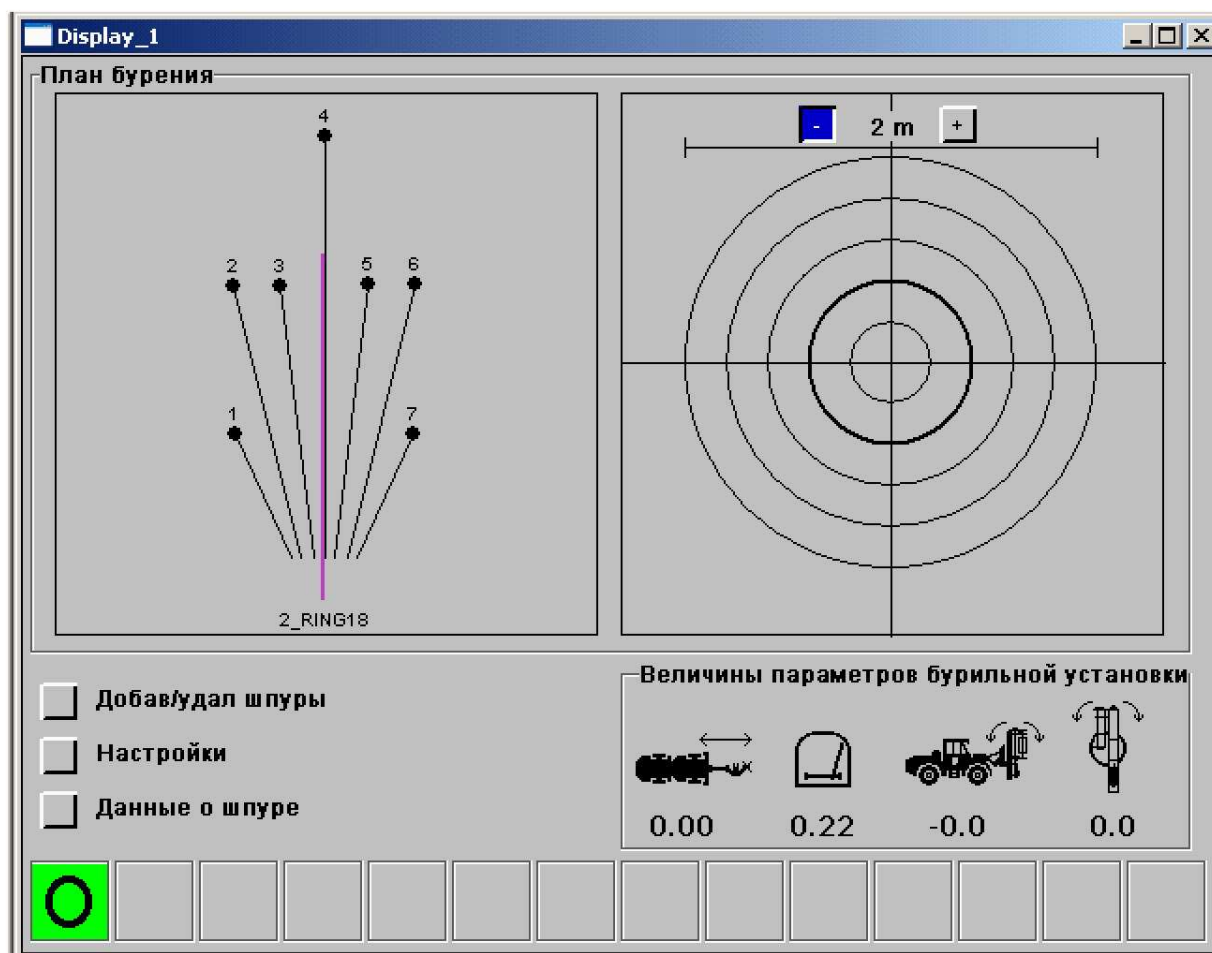


Рисунок 41 - План бурения

Слева вверху в рамке графически показана схема расположения шпуров, а также положение податчика.

В правой рамке вверху показана мишень, используемая для захвата шпуров при позиционировании. В рамке на самом вверху слева показан номер шпура, к которому ближе всего находится данная позиция. Черта, проходящая горизонтально через центр мишени на рисунке выше, показывает плоскость наклона.

Изображение мишени можно с пользой увеличивать и уменьшать, чтобы облегчить позиционирование. Это производится выделением соответственно "+" и нажатием на клавишу ENTER. После настройки на масштаб, при котором периферия шпуров (большая окружность) находится в пределах мишени и внешней окружности, в самом низу рамки будут показаны величины параметров.

Эти величины говорят о том, на какие углы требуется произвести позиционирование, чтобы бурение данного шпура стало возможно. Величина слева указывает требуемый угол отклонения, а величина справа - угол поворота податчика. Когда позиционирование выполнено правильно, исходная и конечная точки шпура сойдутся в центре мишени.



В правой нижней рамке указываются имеющиеся углы и позиции оборудования позиционирования. Символ слева показывает расстояние от опорного нуля (когда смещение стрелы равно нулю, а стрела направлена прямо вперед в горизонтальном положении) до позиции центра бурения.

Следующий символ справа показывает боковое смещение точки пересечения центр бурения/центр стрелы. Далее, показывается угол отклонения податчика или угол податчика в горизонтальной плоскости. Символ угла податчика в горизонтальной плоскости показывается, когда угол находится в пределах  $\pm 15^\circ$  от горизонтальной плоскости, в остальных случаях показывается угол отклонения. Последний символ показывает угол поворота податчика.

### 3 Управление качеством руд при помощи взрывоселекции

#### *Селективная отбойка руды и боковых горных пород*

Отбойку руды можно осуществлять:

- совместно с боковыми горными породами (валовая отбойка);
- отдельно от контактирующих с ней боковых горных пород (селективная отбойка);
- со взрыворазделением руды и боковых горных пород, когда в процессе взрыва создаётся навал рудной массы с относительно четким их размежеванием (взрывоселекция).

При валовой отбойке (рисунок 49) отделение руды и боковых горных пород выполняется в одну стадию, то есть одним взрывом. При этом происходит значительное перемешивание руды с породной массой. Валовая выемка в современных условиях широко применяется в практике горно-добычных работ. Это связано с тем, что с применением высокопроизводительных технологий разработки происходит укрупнение параметров систем разработки и соответственно горных машин. В этих условиях для увеличения фронта горных работ относительно мелкие рудные тела объединяются в рудные зоны, включающие в себя, также прослои пустых горных пород либо руды с относительно низким содержанием полезных компонентов. Такие рудные зоны называются штокверками. С объединением относительно мелких залежей в мощные рудные зоны создаются более благоприятные условия для применения высокопроизводительных технологий добычных работ с увеличенной интенсивностью, мощностью и масштабами горного производства.

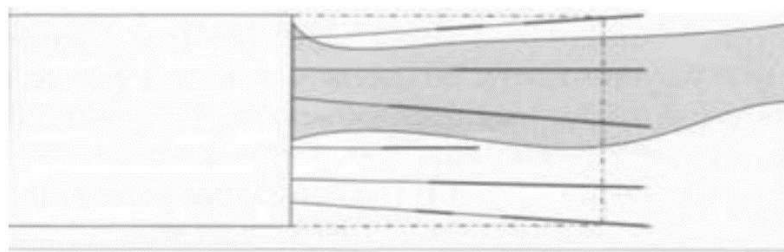
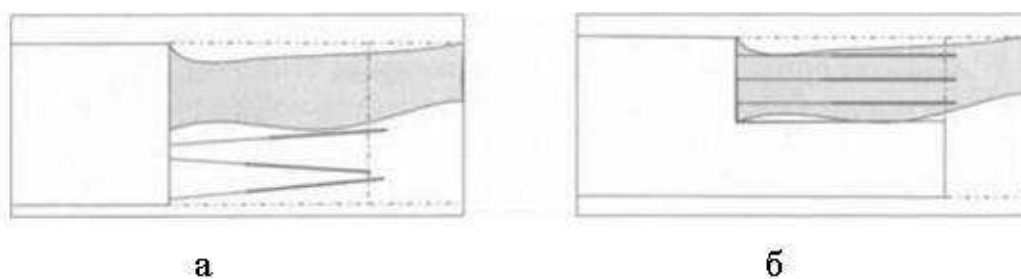


Рисунок 49 – Валовая отбойка руды и боковых горных пород

Вместе с тем необходимо понимать, что этот путь интенсификации горно-добычных работ сопряжен со значительным увеличением засорения руды пустыми породами, снижающим содержание ПК в рудной массе. При такой технологии происходит увеличение объемов добычи, транспорта и переработки значительно разубоженной рудной массы. В результате требуется и увеличение мощности обогатительных фабрик. Кроме того, значительно возрастают минеральные и другие отходы обогатительного производства, усложняется проблема утилизации этих отходов, что заметно увеличивает экологическую нагрузку на регион, где производится добыча и обогащение руды.

При селективной отбойке (рисунок 50) буровзрывные работы выполняются в две стадии — поочерёдно по рудной и породной частям забоя. Этот способ позволяет произвести более точное отделение руды по контакту с боковыми породами, что обеспечивает уменьшение потерь и разубоживания и соответственно лучшее сохранение при добычных работах природного качества руды. Но серьезным недостатком такого способа отбойки является увеличение общего времени цикла добычи из-за двухстадийности производственных процессов отбойки и последующей выемки, что значительно снижает производительность горного оборудования и сдерживает темпы производства горных работ. Селективная отбойка значительно усложняется при малой мощности залежи и отсутствии четких контактов между рудой и боковыми горными породами. В современных условиях отдельную отбойку руды и боковых горных пород используют относительно редко, главным образом при разработке ценных руд.



а — первая стадия отбойки; б — вторая стадия отбойки

Рисунок 50 – Селективная (раздельная) отбойка руды и контактирующих с ней горных пород

Способ отбойки, при котором разделение рудно-породного массива на его составляющие - руду и пустую породу - происходит в процессе взрыва называется взрывоселекцией, или взрыворазделением.

Эффект взрывоселекции создаётся за счёт формирования двух и более разнонаправленных векторов действия взрыва зарядов ВВ (рисунок 51, а) или векторов одного направления, но различных по скалярной величине (рисунок 51, б, в). Векторы имеют одинаковые направление и величину.

Технически взрыворазделение руды и боковых пород можно обеспечить путем изменения диаметра и сетки скважин (шпуров), конструкции и массы зарядов ВВ, а также последовательности и интервалов их инициирования.



Рисунок 51 – Степень смешивания руды и боковых горных пород при разнонаправленных (а) и одинаково направленных (б, в) векторах действия взрывов

Взрывоселекция может быть осуществлена путём применения в рудно-породном забое разнотипных ВВ: например, в одной части высокобризантиных, а в другой — с большей метательной способностью. Действенным средством создания эффекта взрывоселекции может оказаться конструкция зарядов ВВ. Так, сплошные заряды обеспечивают наибольшее энергетическое воздействие на массив, при рассредоточении частей заряда инертной забойкой оно смягчается, а применение воздушных промежутков между частями заряда (или кольцевых) способствует большему отбросу отбитой массы.

Значительные возможности отбойки со взрыворазделением руды и боковых горных пород заключены в схемах взрывания. Управление взрывом при этом выполняется за счет изменения последовательности и интервалов инициирования зарядов ВВ.

Взрывоселекция эффективна лишь при определенных геологических и горнотехнических условиях, а также при отдельных системах разработки. Для получения хороших результатов желательно наличие четкого, визуально различимого контакта между рудой и боковыми горными породами при достаточно мощной залежи. Условия для взрывоселекции лучше при контрастной разрушаемости под действием взрыва руды и боковых пород. С позиции технологии горных работ для селективной отбойки и взрывоселекции благоприятны системы разработки, при которых имеется доступ людей непосредственно к забою и в выработанное пространство. К их числу относятся системы с открытым выработанным пространством, с магазинированием руды, с распорной крепью, со слоевой выемкой и закладкой и некоторые другие. Селективную отбойку и взрывоселекцию также целесообразно производить при попутной добыче руды в процессе проходки горных выработок.

При взрывании группы колонковых зарядов ВВ направление полета кусков горной породы существенно зависит от последовательности инициирования. На рисунке 52 показаны траектории полёта частей разрушенного взрывом массива

и механизм образования навала при различной последовательности взрывания шпуровых зарядов ВВ. При одновременном (мгновенном) инициировании всех зарядов (рисунок 52, а) происходит значительное перемешивание составных частей массива в навале. Взрыванием зарядов ВВ в определённой последовательности изменяется характер разрушения массива и соответственно форма навала. Так, на рисунок 52, б показан вариант отбойки со взрывоселекцией, осуществляемой за счёт разновременного взрывания зарядов ВВ, расположенных в рудной и породной частях массива. При этом вначале взрываются верхние (усиленные) заряды, размещённые в руде, а затем поочерёдно (в направлении снизу-вверх) нижние. В результате отбойки навал горной массы приобретает волнообразную форму. В нём достаточно четко разграничиваются рудная и породная массы [10].

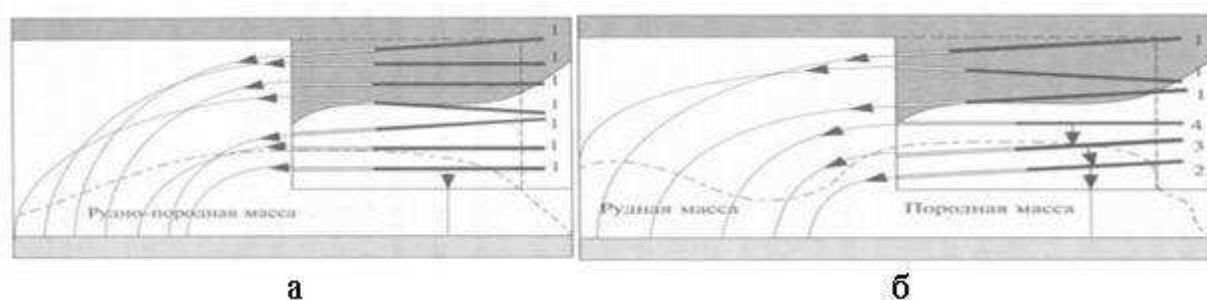


Рисунок 52 – Механизм образования навала рудной массы при одновременном (а) и разновременном (б) взрывании зарядов ВВ в забое: 1, 2, 3, 4 — последовательность инициирования зарядов ВВ

#### *Взрывоселекция при отработке весьма тонких жил*

Значительная часть руд редких, благородных и цветных металлов (вольфрам, молибден, золото, олово и др.) залегает в виде весьма тонких жил мощностью от долей сантиметра до 0,4–0,5 м. При такой мощности жил для создания рабочей ширины забоя приходится подрывать слой боковых пород, часто значительно превышающий мощность самой жилы. Это приводит к большому разубоживанию руды (60–80 %).

Одним из методов улучшения качества руды может быть специальная отбойка жильной массы и породы в существенно различных по крупности классах с целью их последующего разделения на грохоте на товарную руду и пустую породу. Такой способ отбойки рудной массы испытан на руднике «Хрустальный» в блоке № 3 по жиле Главная.

Рудное тело здесь было представлено простой жилой выполнения, состоящей из кварца, мелкозернистого касситерита и небольшого количества пирротина, галенита и халькопирита. Текстура рудного тела массивная, контакты жилы с вмещающими породами четкие, прочные. Мощность жилы колебалась от 0,05 до 0,40 м; распределение олова в ней неравномерное — от 0,1 до 6 %. Вмещающие породы были представлены глинистыми сланцами, алевролитами с линзами мелкозернистого окварцованного песчаника. Крепость

жилы и пород примерно одинаковая и равнялась 12 по шкале проф. М.М.Протоdjяконова. Изменение параметров буровзрывных работ заключалось в сгущении шпуровых зарядов по жиле и соответствующем разряджении во вмещающих породах.

Для установления распределения содержаний металла по классам крупности из рудной массы, отбитой исследуемым способом, была выделена валовая проба весом 36 т. Пробу подвергали разделению по крупности на грохотах с размерами ячеек 300×300, 100×100 и 50×50 мм. Мелкую руду (фракции минус 50 мм) дополнительно просеивали на ситах с размерами ячеек 10×10 и 5×5 мм. Объем каждой фракции тщательно замеряли и опробовали.

Полученные результаты гранулометрического состава рудной массы и содержания олова в различных классах крупности руды приведены в таблице 15, из которой видно, что крупные фракции (+300 мм, 300–100 мм, 100–50 мм) имеют весьма низкое содержание металла, соответствующее полученным в боковых породах при забойном геологическом опробовании (0,05 %). В руде мелких классов (50–10, 10–5 и минус 5 мм) сосредоточено промышленное содержание олова.

Таблица 15 – Содержание металла в руде разных классов крупности

Показатели	Класс крупности руды, мм					
	+300	300–100	100–50	50–10	10–5	-5
Подвергнуто грохочению руды, м <sup>3</sup>	1,36	3,70	2,24	4,74	0,74	0,46
То же, %	10,27	27,96	16,90	35,80	5,60	3,47
Содержание металла, %	0,01	0,09	0,08	0,20	2,61	0,56

В рассматриваемых условиях проведения опытных работ (таблица 16) средняя мощность зоны промышленного оруденения была 0,3 м, а содержание в ней металла равно 0,79 %. Для создания рабочей ширины забоя взрывали слой боковых пород мощностью 0,7 м с содержанием в нем 0,05 % металла (в 4 раза ниже кондиционного — 0,20 %). В среднем же содержание металла в отбитой рудной массе составило по данным геологического опробования 0,24 %.

Изменение параметров буровзрывных работ позволило сконцентрировать жильный материал в мелких классах (минус 50 мм), удельный вес которых составил 45 % общего объема отбитой горнорудной массы. Среднее содержание металла в этих фракциях достигло 0,53 % (таблица 16). Средние и крупные классы, составляющие 55 % общего объема рудной массы, оказались

представленными боковыми породами со средним содержанием в них 0,07 % металла и были отсортированы на грохоте.

Таблица 16 – Основные показатели, полученные в результате проведения опытных работ в блоке № 3 по жиле «Главная».

Мощность зоны промышленного оруденения	0,30 м
Среднее содержание металла в зоне промышленного оруденения	0,79 %
Среднее содержание металла в боковых породах	0,05 %
Ширина очистного пространства	1,00 м
Среднее содержание металла на выемочную мощность	0,24 %
Выход товарной руды	45,00 %
Содержание металла в товарной руде	0,53 %
Отсортировано боковой породы	55,00 %
Содержание металла в отсортированной породе	0,07 %

Аналогичные испытания метода снижения разубоживания проведены в блоке № 1 XI-го горизонта по жиле № 65. Разделенные на грохоте товарная руда крупностью минус 50 мм и порода крупностью менее 50 мм с целью контрольного опробования были отдельно переработаны на обогатительной фабрике.

В результате механизированной сортировки горнорудной массы, отбитой исследуемым способом и подвергнутой перепуску через стометровый рудоспуск и через поверхностные и подземные шахтные бункеры, было выделено 34 % породы. Это повысило содержание металла в товарной руде с 0,29 (при обычном способе отбойки) до 0,45 %, то есть в 1,5 раза.

Для установления технико-экономических показателей отбойки фиксировали глубину пробуренных шпуров, расход ВВ и трудовые затраты.

Основные показатели отбойки при исследуемом способе (таблица 17) практически не отличаются от достигнутых на руднике. Поэтому промышленное применение исследуемого способа не окажет заметного влияния на трудоемкость и стоимость очистной выемки.

Таблица 17 – Показатели отбойки руды обычным и новым методом

Показатели	Отбойка в блоке № 3 по жиле № 65	
	План обычной отбойки	Фактическая отбойка исследуемым методом
Ширина очистного пространства, м	1,30	1,30
Пробурено шпуров, м	882	900
Израсходовано в.в., кг	654	600
Отбито горной массы, м <sup>3</sup>	300	300
Отработано времени, чел.*час	518	483
Удельный расход шпуров на 1 м <sup>3</sup> рудной массы, м	2,94	3,00
Удельный расход в.в. на 1 м <sup>3</sup> рудной массы, кг	2,18	2,00
Затраты труда на отбойку 1 м <sup>3</sup> рудной массы, чел.*час.	1,72	1,61

Снижение разубоживания, осуществляемое при совместной выемке жильной массы и боковых пород различных по крупности классов с целью их дальнейшего разделения на грохоте, может быть рекомендовано в следующих горногеологических условиях:

-рудные тела должны быть представлены тонкими простыми жилами выполнения с ясным различием по цвету жильной массы и вмещающих пород;

-контакты жилы с боковыми породами могут быть слабыми, прочными, ровными и мелкоизвилистыми, но обязательно четкими.

Регулирование кусковатости отбиваемых пород позволяет сконцентрировать материал и боковые породы в существенно различных по крупности классах и, таким образом, отсортировать до 35–55 % пустых пород. Это даст возможность повысить содержание в товарной руде в 1,5–2 раза [11].

Эти методы взрывоселекции могут применяться как вместе, так и по отдельности. Первый метод взрывоселекции в основном подходит для проходки горизонтальных выработок. Для второго метода взрывоселекции существует проблема установки грохота в подземных выработках, а также рациональное использования этого метода только в тонких жилах горной породы при большой мощности пласта существенно увеличиваются объёмы взрывчатого материала. Второй метод взрывоселекции так же может применяться при отработки



вкрапленной руды. Для этого необходимо произвести опыты, которые покажут эффективность применения этого метода для вкрапленных руд. Все эти методы взрывоселекции позволяют уменьшить разубоживание добываемой руды. Разубоживание – (изменение как правило, снижение) содержания полезных компонентов в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в балансовых запасах. Разубоживание, вызванное примешиванием в руду вмещающих пород (ее засорением), выражается отношением количества этих пород к добытой рудной массе.

## **Безопасность ведения горных работ при подземной разработки**

Добыча полезных ископаемых на руднике «Октябрьский» осуществляется подземным способом в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом» ПБ 03-553-03, утвержденных постановлением Ростехнадзора № 30 от 13 мая 2003 г.

Согласно этим правилам, объектом ведения подземных горных работ является ряд подземных горных выработок, находящихся в единой вентиляционной системе, а также производственные здания и сооружения на поверхности. Организации, эксплуатирующие такие объекты, обязаны заключать договора на обслуживание со специализированными профессиональными аварийно-спасательными формированиями - военизированными горноспасательными частями (ВГСЧ), создавать собственные горноспасательные формирования.

Медицинское освидетельствование подземных работников не реже 1 раза в год, для выполняющих работы повышенной опасности обязательный выборочный медицинский осмотр перед началом.

На всех разведываемых, подготавливаемых к отработке и разрабатываемых месторождениях выявляется склонность пород к горным ударам, газо- и геодинамическим явлениям. При наличии таких опасностей проектирование, строительство, эксплуатация шахт производятся с учетом этих факторов.

На шахтах должен быть организован и осуществляться учет спустившихся в шахту и выехавших на поверхность. Порядок учета осуществляется в соответствии с инструкцией, утвержденной руководством шахты. Все выехавшие из шахты обязаны немедленно сдать светильники в ламповую. Если через 1 час после окончания смены светильники сданы не всеми спускавшимися в шахту, то ламповщик обязан немедленно сообщить диспетчеру и руководителю шахты фамилии не сдавших светильники. Ответственность за организацию учета несет начальник шахты.

Всем спускающимся в шахты, опасные по газу, взрыву пыли и самовозгоранию полезного ископаемого, выдаются индивидуальные изолирующие самоспасатели. На остальных шахтах допускаются фильтрующие самоспасатели. Разрешается групповое хранение самоспасателей на участках в количестве, превышающем на 10% наибольшую численность людей в смене. Самоспасатели группового хранения должны находиться на участках в специальных ящиках, обеспечивающих их исправность и сохранность. Места хранения самоспасателей обозначаются знаками и освещаются условным светом. С местом их хранения ознакамливаются все подземные работники.

Ответственность за сохранность при групповом хранении возлагается на начальника участка (заместителя), за обеспеченность - на начальника шахты. Проверка самоспасателей на исправность осуществляется ежеквартально, начальником пылевентиляционной службы с участием представителей горноспасательного формирования. Результаты проверки оформляются актом.

Все подземные рабочие обучаются пользованию самоспасателями. Повторная проверка знаний правил пользования самоспасателями не реже 1 раза в 6 месяцев.

На шахте должно быть не менее 2 отдельных выходов на поверхность, с разными направлениями вентиляционных струй. Другие выходы без постоянного обслуживания должны охраняться или закрываться снаружи на запоры, свободно открывающиеся изнутри. Горизонт, этаж, блок должны иметь не менее 2 отдельных выходов на смежные горизонты или к стволам. Запасные выходы проверяются не реже 1 раза в месяц с записью в специальном журнале. В выработках и их пересечениях устанавливают освещаемые или из светоотражающих материалов указатели направления к выходам на поверхность и расстояния до них. Если выходами на поверхность служат вертикальные стволы, они дополнительно оборудуются лестницами. Лестница в одном из них может отсутствовать, если в стволе два подъема с независимым электропитанием. В стволах глубиной более 500 м лестницы могут отсутствовать, если в обоих стволах по два подъема с независимым электропитанием. В вертикальных стволах глубиной до 70 м при наличии лестниц в обоих стволах механический подъем в одном из них может отсутствовать. Угол наклона лестницы не более  $80^\circ$ , ширина не менее 0,4 м, расстояние между ступеньками - не более 0,4 м.

Все вновь поступившие ознакамливаются с главными и запасными выходами из шахты на поверхность путем непосредственного прохода от места работы по выработкам и запасным выходам в сопровождении лиц технического надзора. Повторные ознакомления - через каждые 6 месяцев. При изменении схемы запасных выходов рабочие должны быть ознакомлены с этими изменениями в течение суток, с занесением результатов в специальный журнал.

Для работников подземных горных предприятий обязательно знание сигналов аварийного оповещения, правил поведения при авариях, мест расположения средств спасения и умение пользоваться ими. Результаты проверки знаний оформляются протоколом с записью в журнале инструктажа и личной карточке рабочего.

Всем работникам подземных горных предприятий под роспись выдаются инструкции по безопасному ведению технологических процессов и безопасному обслуживанию и эксплуатации машин и механизмов.

Каждое рабочее место должно находиться в безопасном состоянии, проветриваться, освещаться, оборудоваться средствами оповещения об аварии. Ответственность за обеспечение безопасных условий труда, разработку защитных мероприятий на основе оценки опасности на каждом рабочем месте и объекте в целом возлагается на руководителя шахты.

Для каждой шахты составляется план ликвидации аварий и согласовывается с горноспасательным формированием.

Рабочие при совмещении профессий должны быть обучены безопасности труда и проинструктированы по всем видам совмещаемых работ.

Для руководителей и специалистов обязательно прохождение обучения и аттестации в соответствии с Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, подконтрольных Ростехнадзору. К техническому руководству горными и взрывными работами допускаются имеющие высшее или среднее горнотехническое образование.

Горные выработки, представляющие опасность для людей или работа в которых временно приостановлена, а также устья шурфов, зоны обрушения на поверхности ограждаются и обозначаются запрещающими знаками. Порядок и тип ограждений определяет главный инженер шахты.

Наклонные выработки защищаются от опасности падения сверху вагонеток и других предметов не менее чем двумя прочными заграждениями. Конструкцию ограждения утверждает главный инженер. Одно заграждение устанавливают в устье выработки, другое - не выше 20 м от места работы.

Все недействующие вертикальные и наклонные выработки надежно перекрываются сверху и снизу.

Углубляемая часть ствола изолируется от рабочего горизонта полком или целиком. Целик укрепляется снизу надежной крепью со сплошной затяжкой.

При проходке и углубке стволов на случай аварии предусматривается подвесная лестница длиной, обеспечивающей размещение на ней одновременно всех рабочих наибольшей по численности смены. Лестница крепится к канату лебедки и располагается над подвесным полком. Лебедка должна иметь комбинированный привод (механический и ручной) и тормоза. При проходке и углубке стволов каждая подъемная установка должна иметь не менее двух независимых сигнальных устройств. Если одновременно ведутся работы в забое и на подвесном полке, то сигнализация с полка и из забоя должна быть обособленной. Между подвесным полком и забоем должна быть оборудована двусторонняя сигнализация.

У пассажирских стволов и на нижних приемных площадках наклонных выработок доставки людей устраиваются камеры ожидания. Размер камер и их оборудование определяются проектом. Выходы из камер располагаются в непосредственной близости от ствола.

Перед началом движения машинист обязан убедиться в безопасности членов бригады и находящихся поблизости лиц. Продолжительность предупредительного сигнала не менее 6 с. Он должен быть слышен по всей опасной зоне. Таблица сигналов вывешивается на работающем механизме или вблизи него. Неправильно поданный или непонятый сигнал должен восприниматься как сигнал «Стоп».

Каждая организация определяет порядок действий при обнаружении взрывчатых материалов (ВМ) в горных выработках, взорванной горной массе или иных местах. О таких случаях руководитель организации обязан сообщить в территориальный орган РТН.

В случае травмирования пострадавший или очевидец обязан немедленно сообщить руководителю работ или горному диспетчеру. О каждом несчастном случае или остром заболевании горный диспетчер обязан сообщить руководству организации и вызвать бригаду скорой помощи. Место несчастного случая или аварии, если это не угрожает жизни и здоровью людей, должно быть сохранено до начала расследования в неизменном состоянии.

На каждой шахте должна действовать система охраны, исключая доступ посторонних лиц на объекты жизнеобеспечения, в служебные здания и сооружения

Для каждого производственного процесса разрабатывается, согласовывается и утверждается обязательный для исполнения технологический регламент. Перечень нормативной документации, в соответствии с которой осуществляются другие виды деятельности, представлен в таблице 25.

После проходки или углубки центрального ствола до проектных горизонтов в первую очередь вводятся водоотлив и клетевой подъем с парашютными устройствами.

В наклонных стволах с углом менее  $45^\circ$  и разницей отметок более 40 м, в одном из них оборудуется механическая доставка людей. При разнице отметок более 70 м механические подъемы устраивают в обоих стволах, один из которых оборудован для доставки людей.

Таблица 25 – Перечень нормативной документации, используемой при эксплуатации подземных выработок

Вид деятельности	Нормативные документы
Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом	<p>-проект, выполненный с учетом требований ФЗ-116 - закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 N2395-1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общие правила промбезопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов ПБ 03-517-02 от 28.11.2002;</li> <li>• единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом ПБ 03-553-03;</li> </ul> <p>-другая нормативная документация в области промышленной безопасности.</p>
Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности	Методические рекомендации по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах РД 04-355-00, утв. Приказом Госгортехнадзора России №49 от 26.04.2000 г.
Разработка проектной документации на консервацию и ликвидацию	<p>- единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом ПБ 03-553-03; - Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами РД 07-291-99, утв. постановлением Госгортехнадзора России от 02.06.1999. N33, регистрация в Минюсте России от 25.06.1999 рег. №1816.</p>
Строительно-монтажные работы на подземных объектах	- единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом ПБ 03-553-03; - действующие СНиП
Застройка территории горного отвода зданиями и сооружениями сторонних организаций	Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых РД 07-309-99, утв. постановлением Госгортехнадзора России 30 08.1999 N 64, регистрация в Минюсте России 02.09.1999 рег.№1886.
Сертификация технологического оборудования и технических устройств, используемых на подземных горных работах	Сертификат; выданный в соответствии с Постановлением №1540 О применении технических устройств на опасных производственных объектах, утв. Правительством РФ 25.12.1998.

Окончание таблицы 25

Оценка возможности эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений после истечения установленного срока службы	Приказ Минприроды РФ от 30.06.2009 №195 Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах, зарег. в Минюсте России 28.09.2009, рег. N 14894
Эксплуатация вспомогательных цехов	В соответствии с требованиями нормативной документации по безопасной эксплуатации вспомогательных цехов горнорудных предприятий
Взрывные работы на подземных объектах	ПБ 13-407-01 Единые правила безопасности при взрывных работах, утв. Госгортехнадзором РФ 30.01.2001, постановление N 3
Регистрация, расследование и учет несчастных случаев, аварий, инцидентов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ст. 227-231 Трудового кодекса РФ;</li> <li>• постановление Минтруда России от 24.10.2002 N73 Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, зарег. в Минюсте России 05 12 2002. N 3999;</li> <li>- Приказ №191 Порядок проведения технического расследования причин аварий и инцидентов на объектах, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утв. Минприроды РФ 30.06.2009</li> </ul>

Стволы наклоном от 7 до 15° оборудуются перилами, прикрепленными к крепи; от 15 до 30° - сходнями со ступеньками и перилами; от 30 до 45° - лестницами. При угле более 45° лестницы устанавливаются и оборудуются как в вертикальных выработках.

Устья вертикальных и наклонных выработок с подъемными установками с нерабочих сторон ограждаются стенками или сеткой высотой не менее 2,5 м.

На рельсовых путях у клетевых подъемов устанавливаются задерживающие стопоры, исключающие нахождение вагонеток перед стволом при отсутствии клетки.

Пересечение горизонтальной выработки со стволом оборудуется обходной выработкой или обеспечивается проход под лестницами стволов.

Доступ к устьям стволов вне надшахтных зданий через дверь, запирающуюся на замок.

После ремонта крепи или армировки ствола производится пробный спуск и подъем клетки.

Движущиеся части оборудования ограждаются, за исключением частей, ограждение которых невозможно из-за их функционального назначения.

В горизонтальных выработках с рельсовыми путями ширина прохода между подвижным составом и стенкой не менее 0,7 м, высота не менее 1,8 м. С противоположной стороны зазор не менее 0,25 м.

В выработках с конвейерами ширина прохода не менее 0,7 м, ремонтного зазора с противоположной стороны не менее 0,4 м. Зазор между транспортируемой горной массой и кровлей не менее 0,3 м.

Зазор между встречными поездами не менее 0,2 м. В местах сцепки - расцепки вагонеток, маневров зазор между стенкой и подвижным составом не менее 1,0 м с обеих сторон выработки. В местах посадки людей ширина прохода по длине поезда не менее 1,0 м.

Зазоры между наиболее выступающими частями транспортного оборудования и косяками дверных проемов перемычек не менее 0,5 м.

При шахте должна быть служба водоподавления для профилактических и ремонтных работ в стволах.

Действующие выработки закрепляются за лицами технического надзора для наблюдения за крепью и оборудованием. Результаты проверок заносятся в специальный журнал. Порядок осмотров выработок устанавливает главный инженер, периодичность проверок представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Периодичность проверок выработок

Объект контроля	Периодичность
Крепь и армировка вертикальных и наклонных стволов для спуска, подъема людей и грузов	Ежесуточно - специально назначенными лицами Периодически, но не реже 1 раза в месяц - начальником шахты или главным инженером, их заместителями
Вентиляционные стволы	Не реже 1 раза в год
Положение стенок шахтного ствола и проводников в нем	Не реже 1 раза в 3 года маркшейдерской службой

Перечень нормативной документации, в соответствии с которой осуществляется проведение и крепление горных выработок, капитальный ремонт и армировка стволов, ликвидация последствий обрушений, пожаров, аварий представлена в таблице 27.



Таблица 27 – Перечень нормативной документации, регламентирующей работы по проведению и обслуживанию выработок

Вид работ	Нормативная документация
Проведение и крепление горных выработок,	Проект
армировка стволов	Технологический регламент Паспорт крепления и управления кровлей
Капитальный ремонт и перекрепка стволов,	Специальный проект, утвержденный; главным
уклонов; ликвидация последствий обрушений, пожаров, аварий	инженером

Документация должна содержать требования по:

- устройству и оборудованию проходческих полков, организации работы на них при всех производственных процессах;
  - \* защите от возможного падения сверху предметов, оборудования;
  - \* порядку перемещения проходческого полка по стволу;
  - \* порядку погрузочно-разгрузочных работ на полках и в забое, работе бадейного подъема;
  - \* креплению, армировке ствола и допустимому отставанию крепи от устья.

При эксплуатации подземных горных выработок запрещается:

- спуск в шахту и пребывание в подземных выработках без производственной необходимости, наряда или разрешения руководителей шахты;
- направлять людей на производство работ в места, имеющие нарушения требований правил безопасности, кроме работ по их устранению;
- выдавать наряд и направлять на работу в отдаленные горные выработки (забои) менее чем двух рабочих. Перечень отдаленных горных выработок (забоев) ежеквартально утверждается главным инженером шахты;
- пользоваться открытым огнем в подземных выработках шахт, опасных по газу или пыли, надшахтных зданиях и на поверхности на расстоянии менее 30 м от диффузора вентилятора;
- остановка объектов жизнеобеспечения (электростанции, водоотливы, калориферные установки, котельные и др.) без письменного разрешения технического руководителя (кроме аварийных случаев).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основной задачей работы является создание математической модели для распознавания типов горных пород, на основе полученных данных при бурении.

В первом разделе дипломной работы рассмотрены исследования в области управления качеством руды в массиве, в том числе структура и качество руды; методы инструментального изучения основных показателей качества руд; горно-техническая характеристика минерально-сырьевой базы на примере норильских рудников и тенденции ее изменения.

Во втором разделе разработана система определения качества руд, в том числе рассмотрены конструкция, технические характеристики и система управления буровой машины Atlas Copco Simba M7 C. Проведены исследования известных технологий и оборудования по обеспечению автоматизации эксплуатационной разведки. Создана математическая модель распознавания типов горных пород.

В третьем разделе описаны способы управления качеством руд при помощи взрывоселекции и сделаны выводы по их применению.

Для расчета экономического эффекта в качестве базового принят рудник «Октябрьский». В результате селективной отработки месторождения предполагаемое уменьшение разубоживания составляет 2%. В экономической части рассчитаны затраты на реализацию проекта за 1 год. Так же рассчитана выручка от реализуемой продукции. Предполагаемая прибыль составила 1,4116 млрд. руб.

В четвертом разделе рассмотрены правила безопасности ведения горных работ при подземной разработки. В этом разделе указаны все основные документы в этой области.

Результатом разработки системы определения качества руд является уменьшение потерь и разубоживания руды, а также уменьшение выхода пустой породы в хвосты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агошков М. И., Борисов С.С., Боярский В. А. Разработка рудных и нерудных месторождений. Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. И доп. М., Недра, 1983, 424 с.
2. Технология открытых горных работ: учеб. пособие / В. Н. Синьковский, В.Н. Вокин, Е. В. Синьковский. – 2-е изд., перераб. И доп. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 508 с.
3. Ершов В.В. Основы горнопромышленной геологии: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 328 с.: ил.
4. Кожиев Х.Х., Ломоносов Г.Г. Рудничные системы управления качеством минерального сырья. – 2-е изд., стер. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 292 с.: ил.
5. Кожиев Х.Х., Хугаева Г.Н. Способы управления качеством руд при подземной добыче / Кожиев Х.Х., Хугаева Г.Н. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) / общество с ограниченной ответственностью "горная книга" – Москва; г. Владикавказ, 2010. – № 4. – С. 210–214.
6. Zhantao Li, Y. Ma, Ken-ichi Itakura, Survey of measurement-while-drilling technology for small-diameter drilling machines [Электронный ресурс] / Zhantao Li, Y. Ma, Ken-ichi Itakura / Electronic Journal of Geotechnical Engineering – 2014. – № 19. – Режим доступа: [https:// www.researchgate.net /publication /285957196\\_Survey\\_of\\_measurement-while-drilling\\_technology\\_for\\_small-diameter\\_drilling\\_machines](https://www.researchgate.net/publication/285957196_Survey_of_measurement-while-drilling_technology_for_small-diameter_drilling_machines)
7. Махно Д.Е., Страбыкин Н.Н., Кисулин В.Н. Горные машины и комплексы краткий курс лекций. В 3-х ч. Ч.1 Машины и оборудование для бурения шпуров и технологических скважин; ИГТУ, - Иркутск, 1996.
8. Горные машины и оборудование подземных разработок: учеб. пособие к практическим занятиям / А. В. Гилёв, В.Т. Чесноков, В.А. Карепов, Е.Г. Малиновский. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 128 с.
9. Медведев И. Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986, 223 с.
10. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений [Текст]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подземная разработка месторождений полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело" / Г. Г. Ломоносов. - Москва: Горная кн., 2011. – 516
11. Латышев М.З., Самойлов О.В Повышение качества товарной руды при отработке весьма тонких жил [Электронный ресурс] / Латышев М.З., Самойлов О.В // Колыма – 1973. – №6. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/11328>.


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

Кафедра «Горные машины и комплексы»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.В. Гилев  
«30» 01 2019 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**21.05.04 «Горное дело»**

(специальность)

**21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»**

(специализация)

Разработка интеллектуальной системы контроля свойств и качества руды в  
процессе бурения и транспортировки


тема

Руководитель

  
подпись, дата

В.А. Карепов


Выпускник

29.01.19   
подпись, дата

Н.И. Покатилов


Консультанты:

Экономическая часть

  
подпись, дата


А.Д. Бурменко

Безопасность  
жизнедеятельности

  
подпись, дата

Н.М. Капличенко

Нормоконтролер

  
подпись, дата

И.С. Плотников

Красноярск 2019